



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA



URBAN THERMAL COMFORT

SCAN #1 : 2010

PROCEEDINGS OF
NATIONAL SEMINAR
& WORKSHOP

JUNE 17-18, 2010



SUSTAINABLE CULTURE
ARCHITECTURE & NATURE

PENERBIT
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
JL. MOSES GATOTKACA 28, YOGYAKARTA
TELP. (0274) 561031, 580526, FAX. (0274) 580525
WEBSITE: [HTTP://PENERBIT.UAJY.AC.ID](http://penerbit.ua jy.ac.id)
E-MAIL: [PENERBIT@MAIL.UAJY.AC.ID](mailto:penerbit@mail.ua jy.ac.id)

ISBN: 978-602-8817-11-0





SCAN
SUSTAINABLE CULTURE
ARCHITECTURE & NATURE

SUSTAINABLE CULTURE
ARCHITECTURE & NATURE

URBAN THERMAL COMFORT

SCAN #1 : 2010

PROCEEDINGS OF
NATIONAL SEMINAR
& WORKSHOP

17-18 JUNI 2010

Tim Penyunting :

A. Djoko Istiadji
Emmelia T. Herliana
Evi Utami M.
Lucia A. Rudwiarti



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

URBAN THERMAL COMFORT scan #1:2010
Proceedings of National Seminar and Workshop

Oleh: Tim Penulis Prosiding Seminar

Reviewers :

Dr. Ir. Pramana Yudha, M.Si

Prof. Ir. Prasasto Satwiko, MBS., Ph.D

Dr. Ir. Y. Djarot Purbadi, MT

Ir. Lucia Asdra Rudwiarti, M.Phil., Ph.D

Ch. Evi Utami Mediastika, ST., Ph.D

Dr. Amos Setiadi, MT

Hak Cipta @ 2010, pada penulis.

Hak Publikasi pada Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan ke-	05	04	03	02	01
Tahun	14	13	12	11	10

Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Moses Gatotkaca 28, Yogyakarta

Telp. (0274) 561031, 580526, Fax. (0274) 580525

Website: <http://penerbit.uajy.ac.id>

E-mail: penerbit@mail.uajy.ac.id

No. Buku : 306.T.11.06.10
ISBN. 978-602-8817-11-0

SUSTAINABLE CULTURE **ARCHITECTURE** & NATURE



Board of Reviewer :

Dr. Ir. Pramana Yudha, M.Si

Prof. Ir. Prasasto Satwiko, MBSc., Ph.D

Dr. Ir. Y. Djarot Purbadi, MT

Ir. Lucia Asdra Rudwiarti, M.Phil., Ph.D

Ch. Evi Utami Mediastika, ST., Ph.D

Dr. Amos Setiadi, MT

SCAN #1

EXIT

SUSTAINABLE CULTURE **ARCHITECTURE** & NATURE



Team of Editor :

A. Djoko Istiadji
Emmelia T. Herliana
Evi Utami M.
Lucia A. Rudwiarti

SCAN #1

EXIT

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab :

- Dekan Fakultas Teknik UAJY/ Dr.Ir.AM.Ade Lisantono , M.Eng

Panitia Pengarah/ *Steering Committee*:

- Kaprodi Arsitektur/ Ir.F.Ch.J.Sinar Tanudjaja, MSA
- Kepala Pusat Studi Energi UAJY/ Dr.Ir.Pramana Yuda, M.Si
- Direktur Pascasarjana UAJY/ Dr.Riawan Candra, SH.,M.Hum
- Prof.Ir.Prasasto Satwiko, MBS, Ph.D

Panitia Pelaksana/ *Organizing Committee*:

Ketua : Ir.B.Sumardiyanto, M.Sc
Wakil Ketua : Dr.Ir.Y.Djarot Purbadi, MT
Sekretaris : Catharina D.A.Depari, ST, MT
Bendahara : Ir.Anna Pudianti, M.Sc

Seksi-seksi:

Seksi Materi & Buku Kumpulan Makalah

Koordinator : Ir.A.Djoko Istiadji, MSc.Bld.Sc
Anggota : Ir. Lucia Asdra Rudwiarti, M.Phil.,Ph.D
Ch. Evi Utami Mediastika, ST.,Ph.D
Emmelia T.Herliana, ST.,MT

Seksi Usaha Dana/ Sponsorship/ Seminar Kit

Koordinator : Ir.FX.Eddy Arinto, M.Arch
Anggota : Bonifacio Bayu Senasaputra, ST.,M.Sc.
Ir. Sf.R.Budihardjo, MSA

Seksi Acara

Koordinator : Ir.MK. Sinta Dewi, M.Sc
Anggota : Dr.Amos Setiadi, MT
Mahasiswa (6+)
Kantor Humas Sekretariat & Protokoler



Seksi Publikasi & Dokumentasi

Koordinator : Augustinus Madyana Putra, ST, M.Sc
Anggota : Ir.MA.Wiwik Purwati, MSA
Kantor Humas dan Kerjasama
Mahasiswa (Prasidha & Adhi)

Seksi Perlengkapan & Dekorasi

Koordinator : Ir.Soesilo Budi Leksono, MT
Anggota : Ir. Yosef D. Krismiyo, MT
HIMA TriCaka

Seksi Konsumsi

Koordinator : Floriberta Bintarti, ST., Dipl.NDS Arch.
Anggota : M.Supiyati

Seksi Transportasi

Koordinator : Ir.YP. Suhodo Tjahyono, MT
Anggota : Ir. A.Atmadji, MT
Ir.Ign.Purwanto Hadi, MSP

“SUSTAINABLE CULTURE, ARCHITECTURE and NATURE”

SCAN #1:2010

URBAN THERMAL COMFORT

Sekretariat : Laboratorium Arsitektur Digital
Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Gedung Thomas Aquinas
Jalan Babarsari No.44,
Yogyakarta - 55281

Email : scan_01_uajy@yahoo.com



Sustainable Culture, Architecture and Nature

*Arsitektur lahir dari jantung
kebudayaan dan alam...*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kemurahan yang telah dicurahkan kepada kita semua, khususnya pada hari Kamis & Jumat, 17-18 Juni 2010 Seminar Nasional & Workshop dengan tema URBAN THERMAL COMFORT dapat terselenggara dengan baik.

Seminar & Workshop ini merupakan butir pertama dari untaian kegiatan ilmiah Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang pada tahun 2010 ini telah berhasil merumuskan arah dan orientasi pendidikannya, yaitu mewujudkan keberlanjutan arsitektur dalam bingkai kebudayaan dan kelestarian alam atau populer disebut *Sustainable Culture, Architecture and Nature* (SCAN). Oleh karena itu kegiatan kali ini juga diberi label SCAN#1:2010 dengan harapan dapat dilanjutkan dengan SCAN#2:2011 dan seterusnya dengan tema-tema yang diyakini mampu menjadi inspirasi munculnya pemikiran-pemikiran yang kritis tentang keberlanjutan.

Waktu persiapan yang sangat terbatas ternyata tidak menghalangi para pemikir di bidang arsitektur perkotaan untuk mencurahkan buah-buah pikirannya dalam bentuk tulisan-tulisan. Hal ini menunjukkan suburnya pemikiran-pemikiran yang bermuara pada terwujudnya SCAN. Kami berharap di masa mendatang dapat menghimpun lebih banyak lagi pemikiran-pemikiran dari berbagai disiplin ilmu yang terkait dengan isu keberlanjutan. Untuk itu penghargaan disertai ucapan terima kasih kami haturkan kepada para pembicara, pemakalah, panitia dan segenap pihak yang telah memberikan kontribusi pada terselenggaranya acara ini.

Semoga Seminar & Workshop ini dapat menambah wawasan keilmuan bagi para peserta dan dapat menjadi wahana dalam meningkatkan jaringan kerjasama antar berbagai pihak yang berkepentingan. Sampai jumpa lagi pada rangkaian kegiatan SCAN#2:2011 dengan tema IT'S YOUR LIFESTYLE STUPID!!!

Salam,

Ir.B.Sumardiyanto, M.Sc
Ketua Panitia SCAN#1:2010

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v

I. Kearifan Lokal Dalam Mewujudkan Lingkungan Hunian yang Nyaman dan Ramah Lingkungan

Di Balik Isyu Arsitektur Tropik Lembab	
Prijotomo, J.	2
Geometri Alun-Alun dan Peran Vegetasinya	
Roesmanto, T.	7
Kota Berkelanjutan Berbasis Performa Energi pada Bangunan	
Setiadi, A.	13

II. Manajemen, Perencanaan dan Perancangan Lingkungan Perkotaan Kontemporer

Pemanfaatan dan Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai Terpadu dan Berkelanjutan sebagai Substitusi Pengurangan RTH Kota	
Wikantiyoso, R.	21
Urban Design Approach Towards An Attempt to Increase The Environmental Quality	
Depari, C.D.A.	33

III. Kajian Kondisi Iklim Kota dan Berbagai Aspek Lingkungan yang Mempengaruhinya

Identifikasi Kenyamanan Thermal Webb pada Rumah Tinggal di Tanah Lahan Basah	
Rahman, A.	44
Pengembangan Atap Organik Tropis untuk Menghemat Energi Penyejukan Udara dan Menghindari Pemanasan Lingkungan	
Jati, A.W.N.; Satwiko, P.; Purwijantiningsih, E.; Leksono, S.B.	51
Degradasi Kualitas Udara Kota Yogyakarta dan Ongkos Ekonomi Kesehatan Masyarakat	
Soeroso, A.; Susilo, Y.S.	66

Upaya Penanggulangan Sengat Silau Matahari pada <i>Double Skin Façade</i> : Penerapan pada Bangunan di Daerah Tropis Lembab - Indonesia Widhiari, L.P.	79
Shading Sebagai Elemen Pendukung Pencahayaan Alami pada Iklim Tropis Hendryatno, Y.S.	91

IV. Dukungan Teknologi Dalam Proses Perencanaan dan Perancangan Kota yang Nyaman dan Ramah Lingkungan

Pendekatan Pemodelan CFD pada Kasus Kenyamanan Termal Perkotaan Istiadji, A.D.	101
Analisa Kualitas Lingkungan Perumnas Condongcatur Ditinjau dari Sisi Pencahayaan dan Penghawaan Alami Kawasan Prasetya, J.A.	113
Simulasi Pencahayaan Buatan pada Ruang Kelas : Pengaruh Angka Reflektansi Warna Elemen Permukaan Interior Terhadap Kuat Penerangan Riandito, A.R.	128

KEARIFAN LOKAL DALAM MEWUJUDKAN LINGKUNGAN HUNIAN YANG NYAMAN DAN RAMAH LINGKUNGAN

DI BALIK ISYU ARSITEKTUR TROPIK LEMBAB¹

Josef Prijotomo

Pengajar di Jurusan Arsitektur FTSP-ITS

E-mail: embah.petungan@gmail.com

'Mengejar ketertinggalan' nampaknya telah menjadi mitos bagi sekolah arsitektur di Indonesia. Di sini, apa dan siapapun yang mutakhir di mancanegara seakan menjadi santapan wajib yang mesti dikonsumsi agar keletakan arsitektur Indonesia yang sejajar dengan arsitektur mancanegara dapat segera tercapai. Mitos ini memang telah mampu menjadikan ketertinggalan itu semakin sempit saja jaraknya, dan itu tentu menggembirakan. Kalau kearsitekturan mancanegara itu diandaikan dengan lampu yang demikian terang dan benderang, kehendak untuk mengejar ketertinggalan itu lalu membuat kita bagaikan *laron* yang berlomba-lomba untuk mendekati lampu nan benderang tadi. Bagaikan *laron* yang mengejar lampu yang benderang, sebagian banyak *laron* lupa dan melupakan asal-usulnya yang dari dalam tanah yang penuh dengan kegelapan. Sekaligus, *laron-laron* ini juga tidak sadar bahwa sesaat setelah menikmati benderangnya lampu akan jatuh ke bumi dan mati. Yang masih beruntung, *laron* ini akan bermetamorfosa menjadi rayap untuk nantinya memproduksi *laron-laron* baru. melalui analogi dengan *laron* ini akan kita coba untuk menengok kembali ke-'*laron*'-an kita sewaktu benderangnya lampu itu merangsang *laron* untuk menggapainya.

JAWA AWAL ABAD 20

Dua karya tulis yang berkenaan dengan arsitektur dan bangunan di Jawa telah dihasilkan oleh anakbangsa sebelum tahun 1930-an. Keduanya saling bertolakbelakang dalam banyak hal. karya tulis pertama berhasil dicetak menjadi buku dan diperjualbelikan secara bebas; ditulis untuk masyarakat umum, utamanya kelas menengah ke bawah; dan ditulis oleh seorang penilik sekolah dasar bernama Mas Sasra Soedirdja, bukan bangsawan ataupun pejabat tinggi di Kraton ataupun di pemerintahan kolonial. Buku ini berjudul *Layang Balewarna*, dan pertama kali diterbitkan tahun 1919 dalam aksara Jawa dan berbahasa Jawa oleh Bale Poestaka, sebuah lembaga penerbitan yang dimiliki oleh pemerintah kolonial. Pesan utama yang ingin disampaikan oleh buku ini adalah anjuran untuk meninggalkan arsitektur Jawa dan menerapkan arsitektur Belanda. Anjuran ini ditulis dengan demikian provokatif, sehingga penulisnya mengatakan bahwa sejelek-jeleknya dan sesalah-salahnya bangunan itu adalah bangunan Jawa.

Karya tulis kedua sejujurnya saja adalah sejumlah naskah tulis tangan yang tidak pernah sempat diterbitkan dalam rupa cetak. Ditulis dengan aksara Jawa dan dalam bahasa Jawa dengan rentang tahun antara 1882 hingga 1928, naskah-naskah tulis ini masing-masing memakai judul tulisan yang berbeda-beda, namun secara umum dikenal sebagai *Kawruh Kalang* atau *Kawruh Griya*. Di sini, ada naskah yang ditulis oleh Bupati (Soeto Prawiro) dan ada pula yang disiapkan oleh staf ahli kraton Kasunanan Surakarta; jadi penulisnya tergolong dalam 'lapisan atas' masyarakat Jawa. Naskah yang memusatkan perhatiannya pada selukbeluk merancang bangunan Jawa. Hal itu tidak menjadi sorotan karena ada yang lebih penting untuk diketahui dan disadari bersama, yakni bagian kata pengantar dari naskah-

¹ Disiapkan sebagai makalah penyerta dalam Seminar Nasional dan Workshop SCAN#1 tahun 2010 dengan tema *Urban Thermal Comfort*, diselenggarakan oleh Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada tanggal 17 dan 18 Juni 2010.

naskah tadi. Meski berbeda-beda penulis, namun ada kesamaan nada dan niatan penulisnya. Para penulis menyaksikan bahwa dari waktu ke waktu orang sudah mulai meninggalkan pengetahuan bangunan Jawa, bahkan para tukang sudah banyak yang tidak bisa membuat bangunan dengan cara Jawa. Semakin banyak saja bangunan dibuat dengan cara eropa dan dengan demikian bercorak eropa pula tampilannya. Agar supaya pengetahuan membangun cara Jawa itu tidak punah, mengingat sebagian banyak tidak ditulis tetapi dihafalkan oleh para ahli bangunan Jawa, maka penulisan naskah itu dilakukan pertama-tama untuk menyelamatkan pengetahuan Jawa itu dari kepunahan. Dikatakan pula oleh penulisnya bahwa sungguh sangat berbahagia kalau apa yang mereka lakukan itu dapat menyelamatkan arsitektur Jawa itu dari kepunahan dengan misalnya, ada yang mau membangun dengan menggunakan pengetahuan Jawa.

SIKAP KEARSITEKTURAN

Dapat disaksikan bahwa kedua buah karya tulis itu menunjukkan dua kutub sikap kearsitekturan yang berbeda, atau bahkan bertolakbelakang. Di kubu Layang Balewarna, sikap yang pro eropa dan anti Jawa tak dapat ditutup-tutupi, bahkan dapat dikatakan dinyatakan dengan terang-terangan. Jikalau yang menulis buku tadi adalah orang Belanda/Eropa, mungkin tak perlu dicemaskan dan diragukan; tetapi, penulisnya adalah anakbangsa yang dalam kesehariannya berada dalam dunia Jawa yang paling nyata yakni lapisan bawah dari masyarakat. Sementara itu, di kubu Kawruh Griya dan Kawruh Kalang, penulis yang adalah dari kelas menengah dan atas masyarakat Jawa, tidak mengambil sikap pro yang ini dan anti yang itu. Penulis menyadari adanya perubahan yang tidak dapat dihindari dan dielakkan, akan tetapi hal itu harus dibarengi dengan usaha dan tindakan untuk tetap berbuat sesuatu dengan yang sudah ada dan merupakan kepunyaan sendiri, kepunyaan anakbangsa Jawa. Melalui dua kubu sikap terhadap arsitektur Jawa di atas, sebaik-baiknya kita menyempatkan diri untuk merefleksikan sikap dan tindakan kita di hari ini, di lingkungan waktu yang berpaut hampir satu abad dengan kedua karya tulis itu.

KOTA PADAT LAWAN KOTA RENGANG

Isyu *Urban Thermal Comfort* tidak keliru dan tidak salah isinya. Isyu ini sangat gayut (*relevant*) bagi lingkungan perkotaan yang sudah cenderung menjadi kota yang padat. Kecenderungan untuk menjadi kota yang padat tidak mungkin dihambat dan dihindari. Masalahnya adalah di Indonesia ini kota yang sudah dan sedang menjadi padat bukanlah kenyataan dari semua kota di Indonesia ini. Meski belum ada kepastian prosentasenya, kota-kota yang belum padat patut diduga memiliki prosentase yang lebih besar daripada kota yang padat. Dengan demikian, di samping kota-kota padat, Indonesia juga masih kaya dengan kota-kota renggang (untuk menyebut lawan dari kota padat).

Kota-kota renggang di Indonesia pasti berbeda dalam banyak hal dari kota-kota padat. Salah satu perbedaan yang dapat dikatakan mendasar adalah di kota-kota renggang masih bisa dilakukan rekayasa, sehingga ruang dan lingkungan di luar bangunan masih bisa dijadikan rekanan bagi penerbitan kenyamanan di dalam ruangan. Bila hal ini menjadi mungkin, bukan mustahil kita bisa mempertahankan kota renggang itu dari kelatahan dalam menggusur diri menjadi kota padat. Bahkan lebih penting lagi, bukan mustahil bila konsep kenyamanan (*comfort*) dari iklim tropik lembab menjadi berbeda dari konsep kenyamanan dari iklim subtropik/empat-musim.

Bagi bangunan demi bangunannya, dalam iklim tropik lembab telah diamanatkan oleh arsitektur Nusantara bahwa bangunan itu adalah pernaungan. Ini menjadi sangat berbeda dari amanat dari arsitektur erorika (barat, erorika = eropa-amerika) yang dengan iklim yang

empat musim menjadikan bangunan sebagai perlindungan. Bagi pernaungan, dinding adalah maksimal merupakan tirai atau *kerai*, atau *aling-aling*; dan ini sangat berbeda dari perlindungan yang dindingnya mesti menjadi pengaman, pelindung atau penyembunyi. Dengan bangunan sebagai pernaungan, penggunaan kipas angin akan lebih tepat guna daripada AC. Bahkan, dengan kipas angin masih ada sebuah ikatan langsung antara luar dengan dalam; dan hal itu tidak dapat dilakukan bila ruangan dalam menggunakan AC.

Dari sekumpulan bangunan yang membentuk sebuah lingkungan atau kawasan pertetanggaan (*neighborhood*) pernaungan berupa deretan pohon penaung di pinggir jalan adalah mutlak. Dengan pohon penaung ini pula lingkungan menjadi nyaman untuk dinikmati sambil berjalan kaki. Jikalau keteladanan dari kota yang menghadirkan pohon penaung sebagai bagian integral dari perabot kota dapat berlangsung, bukan pula mustahil bila gerakan hunian dalam kebun dapat dirangsang kemunculannya. Sebagaimana diketahui, hunian dalam kebun dapat dikatakan sebagai salah satu ciri dan konsep dari hunian di iklim tropik lembab. Keberanian dari kota-kota renggang untuk menghadirkan lingkungan yang seperti ini akan membuat kota tadi cukup berani pula untuk meneladani kota-kota kecil di Eropa dan Amerika yakni: kendaraan harus mengalah pada lingkungan. Dan, bagi kota renggang, kesempatan untuk hal itu masih sangat terbuka. Bila ini dapat dilakukan, tak ayal lagi kontras antara kota renggang dengan kota padat akan menjadi semakin nyata.

KEBIASAAN MENDINGIN

Saat mesin ketik belum merakyat, maka mesin ketik adalah keeksklusifan; namun saat mesin ketik sudah merakyat, maka mesin ketik bukan lagi kemewahan, dan kebiasaan menulis dengan pen dan dawat menjadi kegiatan yang dianggap langka. Mesin ketik elektrik sedikit mengubah status mesin ketik. Kini kembali mesin ketik itu menjadi eksklusif. Demikian seterusnya hingga hadirnya era komputer genggam yang dikemas di balik sebutan *blackberry*. Ada perubahan perilaku di mana sebuah benda teknologi akan menjadi eksklusif sewaktu lapis atas saja yang memakainya. Saat benda itu sudah sampai ke tangan tukang sayur dan tukang *ojek*, maka lapis atas meninggalkan benda teknologi itu untuk mengangkat benda teknologi lain.

Apakah *urban thermal comfort* itu juga 'benda teknologi' yang seperti itu? Kita coba saja tengok pada salah satu benda teknologi bagi *thermal comfort* ini, AC. Benda teknologi yang satu ini adalah pengatur suhu ruangan beserta kelembabannya. Kemampuan ini demikian diandalkan dan diunggulkan sehingga salah satu kekurangan atau kelemahan dasar dari benda itu menjadi terabaikan. AC mengakibatkan ruangan menjadi tertutup rapat dan terpisah ragawiah (fisik) dari sekitarnya. Ruangan yang tertutup rapat ini lalu menjadi demikian bergantung pada AC, itu adalah konsekuensi yang pertama. Kita semua pasti pernah mengalami berada di ruangan serba tertutup yang sedang padam aliran listriknya, sangat tidak nyaman. Konsekuensi lain, suhu ruangan dapat dibuat sedingin mungkin, sedemikian dinginnya, sehingga lelaki yang berada di ruangan itu harus mengenakan dasi dan jas. Keseharian yang dijalani itu lalu menjadikan tubuh lelaki itu menjadi bersuhu dinginnya AC, sehingga bila dia berada di luar ruangan akan mengatakan bahwa suhu di luar sangat panas. Kebiasaan berada dalam ruangan yang dingin akan menjadi sangat tidak nyaman untuk berada di luar ruangan. Sebuah jarak antara di dalam dengan di luar menjadi terbentuk, dan tak ayal lagi, yang di luar adalah ketidaknyamanan, adalah yang harus dihindari. Kalau sudah seperti ini, cukup bisa dimengerti kalau para pecandu AC ini lalu menjadi tidak peduli dengan lingkungan di luar. Ada konsekuensi ketiga, namun nampaknya masih harus diuji kebenarannya. Dengan tidak peduli pada lingkungan di luar, dibarengi dengan ruangan yang serba tertutup, keempatnya bagi hadirnya bangunan yang semakin berdempetan dan berhimpitan menjadi tidak bermasalah. Dengan kata lain, bukan mustahil

bila kepadatan menjadi tidak bermasalah dalam kaitannya dengan kedinginan ruangan yang ber-AC.

Dengan kemampuan dan keterbatasan seperti itulah lalu AC berbeda dari kipas angin yang hanya mampu menghadirkan sejuknya ruangan. Benda teknologi bernama kipas angin ini sungguh menyedihkan nasibnya, karena selalu diadili dengan menggunakan kehebatan dan keunggulan AC. Kipas angin adalah kekunoan; tidak mampu menangkal bising dan debu, tidak menjadikan suhu sedingin di pegunungan dan berbagai ke-negatif-an lainnya. Kiranya dapat dipastikan bahwa dalam mengajarkan tentang AC tidak pernah disampaikan bahwa sepetak kantor di gedung jangkung yang *full AC* itu sama persis dengan bilik tahanan Artalyta Suryani! Penghuni ruangan dengan AC bisa menjadi sosok yang terperjara oleh AC.

MATAHARI DAN LAUTAN

Tak ada yang tak tahu bahwa matahari itu setiap hari terbit di timur dan terbenam di barat. Semenjak kita di Sekolah Dasar telah mengenal hal itu. Kelakuan matahari seperti itu berlangsung diseluruh penjuru dunia, dan oleh karena itu segenap pengetahuan mengenai matahari timur dan barat itu seakan tak mengenal tempat. Keadaannya akan berbeda bila kita memunculkan matahari utara dan matahari selatan. Tidak sedikit mahasiswa arsitektur yang terbungong-bungong dengan ihwal matahari utara dan matahari selatan. Mungkin saja keterbungongan mahasiswa ini akan dialami pula oleh mereka yang berada di belahan utara dan selatan katulistiwa, khususnya yang di atas garis lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$. Mereka yang berada di utara katulistiwa tak pernah mendapat matahari utara; dan yang di selatan katulistiwa tak pernah mendapat matahari selatan. Oleh karena itu, mereka tidak memberi perhatian dan perlakuan yang khusus atas matahari utara dan matahari selatan itu. Celaknya kita yang di Indonesia ini berada di lintasan garis katulistiwa, dan oleh karena itu kita memiliki matahari utara dan matahari selatan. Dalam mendayagunakan kenyataan tentang perbedaan iklim tropik lembab dari iklim empat-musim, ihwal matahari utara dan matahari selatan pasti bisa menjadi ihwal yang secara potensial bisa membedakan. Terus terang saja, kalau dipandang tidak ada perbedaan potensial, maka pandangan itu niscaya tidak tepat. Kalau ihwal itu lalu ditajamkan lagi menjadi pembeda substansial, hal itu niscaya akan bisa menjadi pemicu bagi misalnya saja, hadirnya fisika bangunan 'tropik lembab' (jadi, bukan hanya 'fisika bangunan').

Dalam perbandingannya dengan dunia Erorika, pembeda mendasar yang lain adalah lautan yang mendominasi bumi Indonesia. Sepertinya kita tak pernah bertanya ada atau tidaknya kaitan antara bentangan lautan itu dengan arsitektur. Dari pengajaran yang dibuat oleh kolonial penjajah, lautan menjadikan pulau satu terpisah dari pulau lainnya, dan oleh karena itu tak mengherankan bila ada keterisolasian antara pulau satu dengan lainnya. Lautan memang menyebabkan daratan yang satu terpisah dari daratan yang lain; namun itu terjadi kalau cara pikir kita adalah menempatkan lautan sebagai pemisah daratan, dan itulah pikiran yang dipunyai oleh kolonial penjajah Indonesia. Akan lain halnya bila lautan dipikirkan sebagai penghubung antara daratan yang satu dengan daratan yang lain. Sebenarnya saja, yang terjadi sampai menjelang hadirnya penjajah Eropa, lautan kita adalah penghubung antar pulau dan daratan. Dihadapkan pada kenyataan itu, perjalanan dengan kapal perahu akan mendapat kemudahan untuk mengenal daratan dan pulau tertentu dengan adanya gugus bentukan yang tertentu dari sesuatu daratan atau pulau. Arsitektur yang adalah bentukan ragawiah, (bisa) menjadi salah satu tanda petunjuk daratan atau pulau yang akan dilintasi kapal atau bahkan disinggahinya. Di sini kebhinnekaan wujud arsitektur di Nusantara bukan karena keterisolasian, akan tetapi lebih sebagai tanda petunjuk bagi pengenalan tempat di lintasan lautan.

Baris terdepan daratan yang berhadapan dengan lautan adalah pesisir. Kita tidak tahu berapa panjangkah pesisir yang dimiliki oleh Indonesia. Yang pasti, kawasan pesisir ini

adalah pesisir yang iklimnya tropik lembab. Juga ikut pasti adalah kenyataan terlalu sedikit kota padat yang ada di pesisir. Apakah perlu dilakukan penanganan khusus atas kenyamanan termal bagi pesisiran ataukah disamakan saja dengan kenyamanan termal bagi kota padat? Adakah potensi lautan yang dapat didayagunakan bagi tumbuh kembangnya pesisiran? Pertanyaan terakhir ini dapat menjadi penting bila kita mau mengakui bahwa lautan adalah 'tambang' dan pusat pertumbuhan yang terkesampingkan. Sejujurnya saja, arsitektur dan pengetahuannya lebih didominasi oleh daratan yang bukan pesisiran. (Maklumlah, yang Erorika juga lebih tertuju pada daratan yang bukan pesisiran) .

PENGAKHIRAN

Pada akhirnya, meskipun pokok pembicaraan tentang *urban thermal comfort* ini sangat ketat keilmiahannya, sikap kita dalam menguasai dan menerapkan ilmu dan pengetahuan itu akan dihadapkan pada pilihan apakah kita akan menjadi mas Sasra Soedirdja ataukah akan menjadi Soetoprawiro. Baik disadari ataupun tidak disadari, ternyata sekolah arsitektur di Indonesia tidak dapat dan seharusnya tidak boleh dibawa untuk menjadi kepanjangan tangan sekolah arsitektur erorika. Memang, harus ada politik arsitektur di Indonesia ini, karena Indonesia bukan Eropa, Amerika atau Australia. Kita mampu melakukan namun tidak sedikit yang tidak mau melakukannya.

GEOMETRI ALUN-ALUN DAN PERAN VEGETASINYA¹

Prof.Ir.Totok Roesmanto, M.Eng
Guru Besar Arsitektur Universitas Diponegoro
E-mail: karsitektun@yahoo.com

ABSTRACT

Keberadaannya dan bentuk geometri alun-alun serta keberadaan sepasang pohon beringin yang menjadi kekhasannya sebagai produk tata ruang VOC, masa kerajaan Mataram Islam, ataupun masa setelah keruntuhan kerajaan Majapahit jarang diteliti dan diperbincangkan. Keberadaan pohon beringin di alun-alun memiliki fungsi filosofis dan fungsional, yang keletakannya akan dapat diketahui dari peta-peta kuno yang tersedia. Penelitian singkat ini akan mencoba menemukan tata ruang alun-alun yang terdapat di Kraton Surakarta, Kota Banyumas, Kota Semarang, dan peran pohon beringin di tengahnya.

Kata kunci: alun-alun, pohon beringin, Kraton Surakarta, Banyumas, Semarang.

1. KEHILANGAN RUANG TERBUKA HIJAU

Banyaknya ruang terbuka hijau di kota yang hilang kemudian terlambat disadari oleh pemerintah setempat dengan penerapan aturan yang mengharuskan kota memiliki ruang terbuka hijau seluas tiga puluh persen dari luasan wilayah administratifnya. Kalau ruang terbuka hijau yang dimaksud juga termasuk area *greenbelt* (sabuk hijau di tepi wilayah administratif kota sebagai perwujudan dari model tata hijau ala *masterplan* kota sebelum kemudian populer menjadi rencana tata ruang kota yang seringkali tipikal) maka luasan ruang terbuka hijau yang sebenarnya berada di pusat kota sangatlah kecil.

Banyak lapangan sepakbola di daerah perkotaan telah berubah menjadi kompleks permukiman (seperti di Karangayu, Seteran, Benteng Pendhem di Semarang). Lapangan sepakbola berukuran 50x100 m² bisa dirajang menjadi enam puluhan petak hunian berukuran 6x12 m². Tak terbilang lagi taman-taman lingkungan yang telah berubah fungsi, meskipun pernah digalakkan taman-taman PKK di setiap lingkungan Rukun Tetangga (RT). Taman-taman penting seperti Taman Bale Kambang milik keluarga kaya Oei Tiong Ham telah lama berubah menjadi kompleks permukiman Gergaji Balekambang. Taman Gedongbatu di kompleks Klenteng Sampoo Kong, Semarang yang sangat terkenal pada tahun 1950-an pernah menjadi lapangan sepakbola dan ruang terbuka hijau sebagai media rekreasi masyarakat Bongsari, tetapi kemudian hanya menyisakan sebagian kecil ruang terbuka hijau karena bagian yang lain diubah menjadi pelataran terbuka berpaving pada renovasi besar-besaran tahun 2005.

Dalam kegiatan rancang-bangun, ketentuan tentang Koefisien Dasar Bangunan (KDB) yang sebelumnya dikenal sebagai *Building Coverage* dipahami sebagai koefisien yang menunjukkan prosentase luasan maksimal pada lahan yang di atasnya diperkenankan untuk ditapaki bangunan. Dalam kenyataannya karena kebutuhan akan area parkir, maka luasan

¹ Disiapkan sebagai makalah penyerta dalam Seminar Nasional dan Workshop SCAN#1 tahun 2010 dengan tema *Urban Thermal Comfort*, diselenggarakan oleh Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada tanggal 17 dan 18 Juni 2010.

maksimal yang dimaksud seringkali hanya menyisakan ruang terbuka hijau berluasan sangat kecil.

Dapat dirunut, pertimbangan awalnya berkaitan dengan promosi bahwa susunan lantai dari ubin *pave-block* memiliki celah-celah antara yang meresapkan air ke dalam tanah melewati lapisan pasir yang menjadi dasarnya. Dengan celah antara selebar 3 mm, susunan *pave-block* berukuran 10x20 cm, sebetulnya luas celah antara yang menjadi media resapan air hanyalah $(0,3:2) \times (10+10+20+20) = 9 \text{ cm}^2$ atau $9/200 = 4,5\%$ dari luas area yang ditutupi. Kalau ruang terbuka pada lahan yang disisakan 40% nya, maka celah antara yang meresapkan air ke dalam tanah hanya $(9/200 \times 40\%) = 1,8\%$ dari luas lahan. Luasan tersebut sangat tidak sebanding dengan ruang terbuka hijau (termasuk pelataran tanah) pada rumah tinggal berarsitektur tradisional. Rumah tinggal tradisional (Bali) misalnya memiliki ruang terbuka rata-rata 25% dari luas lahannya (Roesmanto, 1979). Luasan tersebut kemungkinan bisa mengecil senyampang dengan meningkatnya konsumerisme penggunaan *pave-block* untuk menutup *pelataran* terbuka.

2. PERUBAHAN ALUN-ALUN

Alun-alun merupakan ruang terbuka hijau berukuran besar yang masih banyak terselamatkan. Beberapa di antaranya, seperti Alun-alun Semarang telah lenyap tertimbun pertokoan dan ratusan lapak. Umumnya jarang diperbincangkan apakah alun-alun tersebut merupakan warisan tata ruang tradisional, atautkah produk penataan ruang yang dilakukan VOC dan mungkin pemerintah Hindia Belanda. Tetapi perlu diingat, ruang terbuka hijau yang difungsikan sebagai ruang publik berskala kota tersebut dalam dasawarsa terakhir juga mengalami perubahan (karena program penataan fisik yang dilakukan) berupa pengurangan area hijaunya menjadi perkerasan untuk media rekreasi publik menggunakan pelapis *pave-block*, ubin keramik permukaan kasar, atau petakan batu candi.

Ruang terbuka hijau yang tadinya meresapkan air hujan ke dalam tanah telah berubah menjadi ruang terbuka berselimut perkerasan dengan celah antara petakannya bersiar semen kedap air. *Grass-block* sudah lama tidak populer lagi senyampang dengan menyusutnya hobi menanam rumput Jepang. Kombinasi *grass-block* dan rumput Jepang untuk media antara lintasan mobil ke garasi rumah juga menjadi kurang disukai karena perawatannya sulit dan mudah mati terkena tetesan oli, kemudian digantikan *tristik kerikil*, ataupun susunan keramik permukaan kasar yang dipola estetik seperti *kawung* dan pola-pola batik lainnya. *Tristik kerikil* kecil semula digunakan sebagai pelapis dinding bagian bawah bangunan produk ahli bangunan Belanda yang khas di masa Hindia Belanda.

Hilangnya alun-alun Semarang sangat disesali (alm) Prof. Sidharta dan sebagian besar warga kota Semarang. Ironisnya, di atas alun-alun tersebut silih berganti penggunaannya. Alun-alun Utara pernah difungsikan untuk terminal bemo, kemudian menjadi kantor pusat Bank Pembangunan Daerah (BPD) Jawa Tengah dan Hotel Metro. Sedangkan di atas Alun-alun Selatan telah berdiri bangunan pertokoan Ya'ik Permai dan kios-kios yang dibangun pemerintah setempat bersamaan dengan pembangunan *Shopping Centre Djohar* (SCD).

Alun-alun Semarang pernah diwacanakan Walikota Semarang Sukawi Sutarip pada awal masa jabatannya yang pertama untuk direkonstruksi kembali. Tetapi niat tersebut ditentang para pedagang yang merasa penghidupan keluarganya akan menjadi terganggu bila area berdagangnya harus pindah ke lain tempat. Untuk mewujudkan kembali alun-alun yang telah hilang, Sukawi Sutarip juga berwacana merelokasi para pedagang ke bangunan berlantai sepuluh di kawasan Kanjengan Semarang bekas Dalem Sunan Pandanaran I dan bupati-bupati Semarang berikutnya di bagian selatan dari alun-alun. Perkembangan wacananya menjadi ruwet setelah Sukawi Sutarip juga berencana membongkar dan membangun

duplikat Pasar Djohar untuk mengatasi gangguan rob yang melanda bangunan cagar budaya tersebut.

Sebuah alun-alun di sebuah pusat kota kabupaten di Jawa Timur juga pernah nyaris berubah menjadi *shopping centre*, tetapi batal diwujudkan karena bupatinya hadir pada seminar di Jakarta yang di antara makalah-makalah yang dipresentasikan membahas tentang hilangnya alun-alun. Tidak ada pemberitaan, apakah batalnya pembangunan *shopping centre* yang dimaksud kemudian digantikan bangunan lain yang lebih kecil, atau alun-alun kabupatennya tetap dipertahankan sebagai ruang terbuka hijau.

Alun-alun Bandung sebagian dan seluruhnya menjadi ruang terbuka perluasan Masjid Besar yang terletak di sebelah baratnya. Pada kasus yang lain, untuk menciptakan suasana seremonial dan lanskap yang formal menuju ke Komplek Kabupaten kebanyakan alun-alun dibelah menjadi bagian sebelah barat dan timur oleh sebuah jalan lurus menurut sumbu Komplek Kabupaten. Sebelumnya, hampir semua alun-alun telah dilengkapi jalur jalan yang mengelilinginya.

3. KEKHASAN ALUN-ALUN

Elemen alun-alun yang menjadi kekhasannya adalah pasangan pohon beringin yang berada di titik pusat, serta permukaannya yang dilapisi hamparan rumput. Jarang diperbincangkan benar-tidaknya alun-alun yang dimaksud adalah produk tata ruang VOC ataupun pemerintah Hindia Belanda. Umumnya beranggapan bahwa alun alun adalah warisan tata ruang tradisional yang merupakan duplikasi dari Alun-alun Kraton (Mataram) Surakarta dan Yogyakarta yang dianggap mewarisi pola Alun-alun Kraton Trowulan Majapahit.

Sepasang pohon beringin di Alun-alun Lor Kraton Surakarta merupakan produk pindahan dari Kraton Kartasura. Menurut *Babad ing Sangkala* (Adrisijanti, 2000:96) *waringin kurung* Alun-alun Kraton Kartasura dibongkar pada bulan Sapar 1640 Jawa atau Januari-Februari 1716. Disebutkan juga di tengah-tengah Alun-alun Kraton (Mataram) Plered terdapat pohon *randhu alas* (Adrisijanti, 2000:162), tetapi kemudian dibongkar. Berdasarkan keberadaan sepasang pohon beringin di halaman luar Komplek Pasarean Mataram di Kota Gede, dan di Komplek Watu Canteng di arah sebelah selatannya, diperkirakan pohon beringin sudah ditradisikan untuk ditanam pada ruang terbuka berukuran cukup luas pada masa awal Kerajaan Mataram. Meskipun Sultan Agung kemungkinan mengadopsi keberadaan pohon beringin di Alun-alun Cirebon, tetapi mengubah jumlahnya dari sebuah menjadi sepasang. Selain pohon beringin pada Komplek Pasarean Mataram juga terdapat pohon nagasari, tetapi pohon ini tidak banyak ditemukan di sekitar alun-alun.

Penggunaan kata alun-alun dapat dikaitkan dengan arti *alun* yang menunjukkan kondisi pada suatu lautan yang luas. Bila benar bahwa permukaan alun-alun merupakan pelataran tanah yang di atasnya dilapisi pasir, maka akan nampak dari tempat raja duduk di Manguntur Tangkil di Sitinggil Kraton Surakarta sebagai lautan artifisial yang luas. Dalam cerita pewayangan ruang terbuka berukuran sangat luas yang berhirarki paling tinggi adalah Prepat Kepanasan yang terletak di luar kompleks Kahyangan Suralaya (Jonggring Saloka) tempat domisili para dewa. Simbolisasi hamparan pasir (putih) sebagai samudera juga dapat ditemukan pada taman-taman kuno di dalam kompleks pagoda Buddha di Kyoto, Jepang.

Pandangan mata raja yang lurus ke arah utara sesuai sumbu imajiner kratonnya akan menjadi tidak silau dengan keberadaan sepasang pohon beringin yang rindang di tengah alun-alun. Sebelum alun-alun dilapisi hamparan pasir pantulan sinar matahari ke permukaan tanah tidak akan pandangan mata raja Mataram di Kota Gede ke arah Gunung Merapi. Setelah permukaan Alun-alun Kraton Plered dilapisi pasir maka pohon *randhu alas* yang berada di tengahnya terpaksa harus digantikan pohon beringin yang bertajuk lebih lebar-

rindang dan lebih filosofis. Hal yang sama juga dapat dilihat pada ruang terbuka di halaman dalam Kraton Surakarta. Halaman di sekeliling Bale Witana dan Prabasuyasa juga berpasir dan diteduhi banyak pohon *sawo kecil*. Halaman terbuka yang sangat luas dan berpasir juga terdapat di sekeliling bangunan pagoda Buddha dan *otera* Shinto. Secara filosofis, keberadaan hamparan pasir di Alun-alun Lor (khususnya) dibutuhkan bagi pembentukan tata ruang di kompleks Kraton (Mataram) Surakarta dan Yogyakarta. Sebagai tempat melakukan *pepe* yang dilakukan *kawula* yang meminta keadilan, alun-alun bagaikan samudera yang menampung segala keluhan dari masyarakat dan menggelontorkan kebijaksanaan raja. Sedangkan keberadaan pohon beringin secara filosofis berfungsi sebagai gerbang utama, sebagai pasangan yang serasi, dan secara fungsional menghadirkan lanskap kerindangan tajuk hijau yang menyejukkan mata dan mengurangi implikasi panas yang dipancarkan luasan permukaan pasir alun-alun.

4. GEOMETRI ALUN-ALUN

Kondisi alun-alun sebelum dilengkapi dengan jalan keliling dan jalan lurus sesuai sumbu imajiner kompleks kraton yang membaginya menjadi bagian barat dan timur, dapat diketahui dari peta-peta kuna. Dari bentuk geometrinya juga dapat diperkirakan alun-alun tersebut merupakan produk tata ruang VOC, ataukah warisan tata ruang tradisional Jawa sebelumnya.

Alun-alun Lor Kraton Surakarta telah dilengkapi jalan keliling, dan jalan lurus pembagi bagian barat dan timurnya. Dari peta kuno (Rumah Residen Belanda di bagian sebelah barat Pamurakan-Gladag belum ada, Masjid Agung ada) kisaran tahun 1750-1830 dapat diketahui keberadaan *Alun-alun Lor* (*Noordelijke Aloen-aloen*) dan *Alun-alun Kidul* (*Zuiderlijke Aloen-aloen*). Masa antara tahun 1750-1830 diinterpretasi berdasarkan informasi tentang ketentuan *lay out* perabotan tempat duduk pada waktu Sunan Paku Buwana X menerima asisten residen (Soerahman, 2000:192), dan peran Sunan Paku Buwana VII (memerintah tahun 1830-1858) dalam pengembangan Masjid Agung (Soerahman, 2000:35). Tahun 1750 dipertimbangkan setelah kepindahan Kraton Mataram dari Kartasura ke Sala tahun 1746.

Alun-alun Lor Kraton Surakarta berbentuk cenderung bujur sangkar, sisi timur dan barat menyiku dan berukuran lebih panjang dari sisi utara dan selatannya, berhalaman pasir. Sumbu imajiner Kraton Surakarta melintas di sebelah barat titik pusat alun-alun, dan diapit pohon beringin berjarak sama. Pasangan pohon beringin berada di sebelah selatan titik pusat alun-alun. Sumbu Masjid Agung melintas sejajar dan di sebelah selatan pasangan pohon beringin. Panjang sisi utara/selatan dan sisi timur/barat berbanding sebagai 28:29.

Alun-alun Kidul Kraton Surakarta berbentuk persegi empat panjang, sisi timur dan barat menyiku dan berukuran lebih panjang dari sisi utara dan selatannya, berhalaman rumput. Sumbu imajiner Kraton Surakarta melintasi titik pusat *alun-alun Kidul* dan pohon beringin timur. Pasangan pohon beringin berada di sebelah selatan titik pusat *Alun-alun Kidul*. Panjang sisi utara/selatan dan sisi timur/barat berbanding sebagai 29:31.

Alun-alun Banyumas menurut peta militer US Army 1942 dapat diketahui berbentuk bujur sangkar, dilengkapi jalan lurus pembagi bagian barat dan timurnya yang diapit pohon beringin berjarak sama. Pasangan pohon beringin berada di sebelah utara dari titik pusat alun-alun. Bagian barat lebih panjang dibandingkan bagian timur, tetapi keduanya dilintasi jalur jalan timur-barat. Sumbu bangunan Masjid Agung melintasi titik pusat Alun-alun Banyumas.

Pola tata ruang pusat kota kabupaten di Jawa yang banyak dijadikan rujukan, bernotasi *Fig.3-1. Explanation of the pictorial map showing a regency and divisional capital on Java* digambar M.Hutter tidak berangka tahun (kemungkinan dari disertasi Ronald Gill), diperkirakan menggambarkan situasi alun-alun di daerah Jawa Timur, menginformasikan

keberadaan Alun-alun / *Stadsplein* / *Stadtplatz* / *Square* diapit komplek *Assistent-Resident* di sebelah utaranya dan komplek Kabupaten di selatannya. Geometri alun-alun berbentuk belah ketupat dengan perbandingan sisi utara dan timur dengan sisi selatan dan baratnya sebagai 31:32. Sisi timur serong 1,5 derajat ke arah timur laut. Sisi utara serong 2 derajat ke arah barat laut. Sisi selatan menyiku sisi timur, dan sisi baratnya menyiku sisi utara. Sumbu imajiner bangunan utama Kabupaten melintas sebelah barat titik pusat alun-alun dan pohon beringin barat. Pasangan pohon beringin berada di sebelah selatan titik pusat alun-alun. Sumbu bangunan melintasi pasangan pohon beringin, berdenah mirip silang latin (+). Bentuk denah tersebut mengingatkan pada bangunan Masjid Kauman Semarang pengganti Masjid Pedamaran yang terbakar pada saat Geger Pacinan.

Berdasarkan peta kuno Semarang tahun 1870-an koleksi Perpustakaan Nasional RI No.D-72 dapat diketahui Alun-alun Semarang berbentuk belah ketupat. Panjang sisi-sisi utara, timur, selatan dan barat berbanding sebagai 50:51:44:28. Sisi timur sejajar arah memanjang utara-selatan komplek Kabupaten/Kanjengan Semarang. Sisi selatan serong 18 derajat ke arah timur laut. Sisi barat serong 12 derajat ke arah barat laut. Sisi utara serong 26 derajat ke arah timur laut. Alun-alun Semarang dibelah mendiagonal oleh dua jalan. Jalan diagonal arah timur-barat serong 9,5 derajat ke arah tenggara. Jalan diagonal utara-selatan merupakan jalan bertekuk-tiga. Jalan diagonal utara-selatan tekukan-1 tegak lurus sisi selatan alun-alun dan melintas tengah-tengahnya. Jalan diagonal utara-selatan tekukan-2 merupakan penghubung tengah-tengah sisi selatan alun-alun dan tengah-tengah jalan diagonal timur-barat. Jalan diagonal utara-selatan tekukan-3 tegak lurus dan melintas tengah-tengahnya sampai ke sisi utara alun-alun. Pasangan pohon beringin mengapit jalan diagonal utara-selatan tekukan-1, dan letaknya di tengah-tengah jalan diagonal utara-selatan tekukan-1 yang menerus sampai ke jalan diagonal timur-barat.

Alun-alun Semarang yang lebih kuna dapat dilihat pada peta tentang *PAAN van het Fort en omleggende Cituatie van Samarangh* (Priyanto, 2000:Lampiran) yang pada notasinya disebut *Pasebaan*, berbentuk trapesium, terletak di sebelah timur dari Komplek Dalem Sunan Pandanaran(g) I. Sisi selatan sejajar dan lebih panjang dari sisi utara, tegak lurus sisi baratnya, juga sejajar dengan sisi selatan batas Komplek Dalem. Perbandingan panjang sisi-sisi selatan, barat, utara, timur sebagai 30:25:24:27. Pada *pasebaan* belum tergambarkan keberadaan pohon beringin (tunggal ataupun sepasang), tetapi di sepanjang sisi-sisi batas *pasebaan* sudah terdapat deretan 3 buah pohon.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis geometri alun-alun ditemukan :

- Alun-alun berbentuk belah ketupat (di Semarang dan Jawa Timur) adalah produk tata ruang VOC,
- Alun-alun berbentuk bujur sangkar, persegi panjang, sisi-sisinya sejajar/tegak lurus batas komplek Kraton Surakarta adalah produk tata ruang Mataram Islam,
- Alun-alun berbentuk tidak bujur sangkar, beberapa sisi sejajar/tegak lurus batas komplek pusat pemerintahan lokal adalah produk tata ruang tradisional Jawa sebelum masa Mataram Islam. Alun-alun juga disebut *pasebaan*.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi dan lanskap alun-alun ditemukan :

- Keberadaan pohon beringin di alun-alun dimulai pada masa Mataram Islam setelah pusat pemerintahan di Kraton Plered,
- Garis imajiner penghubung pohon beringin tidak melintasi titik pusat alun-alun,
- Pohon beringin berada di sebelah utara atau selatan titik pusat alun-alun,

- Alun-alun dikelilingi deretan pohon, pohon beringin pada masa Mataram Islam setelah Kraton Plered, pohon lain pada masa Sunan Pandanaran I (masa Kerajaan Demak-Pajang).
- Pohon beringin bertajuk rindang-lebar diperlukan untuk penauang dan peredam implikasi panas yang dipancarkan hamparan pasir pelapis Alun-alun (Lor) pada masa Mataram setelah Kraton Plered untuk meredam implikasi
- Hamparan rumput untuk pelapis permukaan alun-alun telah digunakan pada *Alun-alun Kidul* Kraton Surakarta antara tahun 1750-1830.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adrisijanti, I., 2000, *Arkeologi Perkotaan Mataram Islam*, Jendela, Yogyakarta
- Priyanto, S., Eko PH., Roesmanto, T., 2000, *Konservasi dan Pengembangan Masjid Agung Kauman Semarang untuk Identitas Budaya dan Pariwisata*, laporan akhir penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi, tidak dipublikasi.
- Roesmanto, T., 1979, *Pengembangan Pusat Desa Adat Tradisional Pejeng*. *Perencanaan Museum Purbakala Pejeng Bali*, LP3A JA Undip, tidak dipublikasi.
- Soerahman, D., 2000, *Kehidupan Dunia Keraton Surakarta 1830-1939*, Yayasan Untuk Indonesia, Yogyakarta.

KOTA BERKELANJUTAN BERBASIS PERFORMA ENERGI PADA BANGUNAN

Amos Setiadi

Program Studi Magister Teknik Arsitektur-Program Pascasarjana
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
E-mail : amos-s@staff.uaaj.ac.id
amos.setiadi@yahoo.com

ABSTRACT

An architect as a decision maker in a building design so far it limits its creation in conventional way (it does not consider building energy performance). It can be seen from all works related to building performance is handed over to mechanical and electrical experts. An architect only responsible to decide building's shape and to cover of a building meanwhile other building experts equipped themselves with utility side. Shape, orientation, window placement, and construction material has a bigger effect to building energy performance (such as thermal) compared with just equipment technical installation in a building. In other words, to build a high-performance building that is environment friendly ("green") is not a thing that can be done with conventional working pattern that is architect sequential working pattern, continued with civil/structural, and then mechanical-electrical. An architect working pattern should be changed to integrated design method that concludes all building aspects both in aesthetical, shape, structuring, mechanical, electrics since initial designing. Therefore an environment-friendly building (through building energy performance approach) gives contribution in materializing an environmentally friendly city to people's living welfare (green city for living).

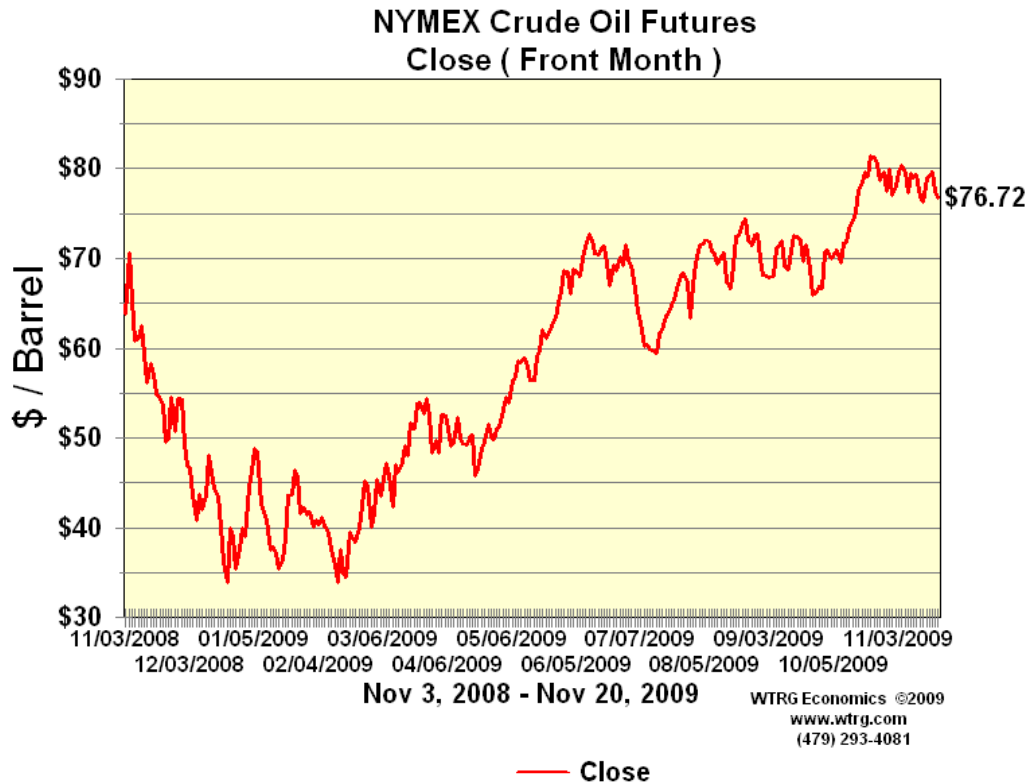
Keywords: City, building performance

1. PENDAHULUAN: ISU KRISIS ENERGI

"The quality of life depends largely on how we build our cities, The higher the density and diversity of a city, the less dependent on motorized transport, and the less resources it requires, the less the impact it has on nature" (Register, 2002). Pernyataan tersebut memperkuat indikasi dalam membangun suatu kota dan menjaga keberlangsungan denyut kehidupan suatu kota diperlukan konservasi sumber daya, dalam hal ini energi, untuk menjamin kualitas hidup manusia.

Hal tersebut tidak terlepas dari salah satu isu yang sedang kita hadapi saat ini yaitu "isu energil dan pemanasan global", mencakup: konsumsi energi yang besar dewasa ini, sumber energi yang mahal dan menipis, berlebihan konsumsi energi memicu percepatan pemanasan global. Konservasi energi mulai menjadi persoalan hangat sejak tahun tiga dekade terakhir ketika terjadi krisis minyak dunia di tahun 1980an (Dubin, 1997). Sejak itu para pakar lingkungan semakin giat memperingatkan akan persediaan sumber-sumber daya alam bumi yang semakin menipis.

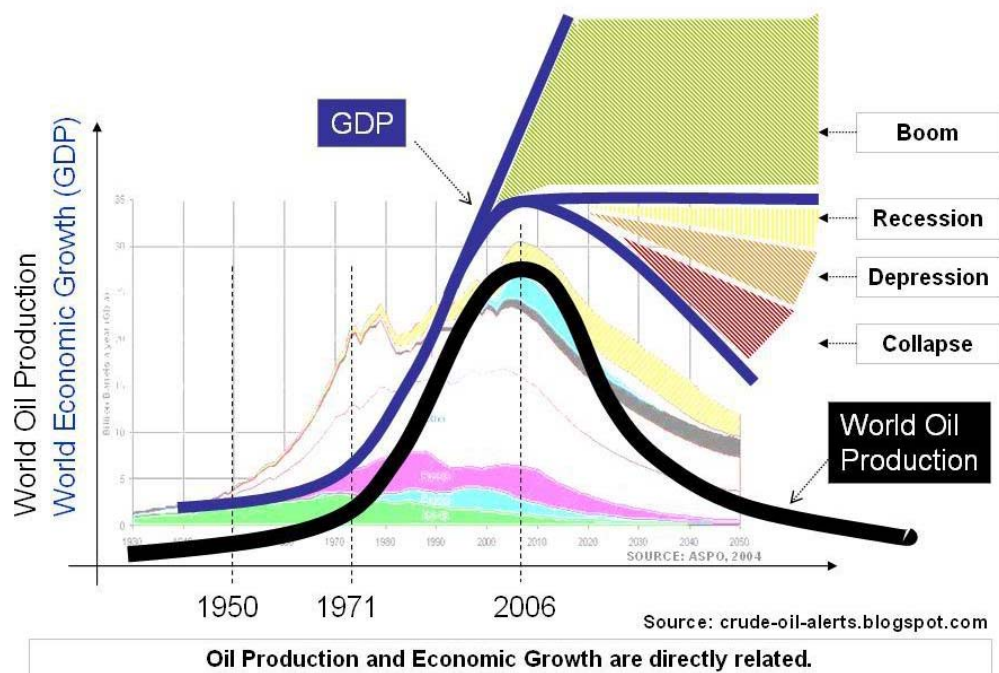
Negara-negara yang tergabung dalam OPEC (*Organization of Petroleum Exporting Countries*) terus meningkatkan harga jual minyak mentah sejalan dengan meningkatnya permintaan dan ketergantungan dunia akan minyak bumi. Peningkatan harga tersebut berdampak besar terhadap perekonomian dunia. Grafik pola harga dan permintaan minyak di bawah ini memperlihatkan perbandingan yang ekstrem, harga minyak hingga bulan November 2009 telah mencapai \$76.72 per barel (Gambar 1).



Gambar 1. Pola harga minyak
(Sumber: WTRG Economics, 2009)

Meskipun harga minyak dinamis karena resesi ekonomi dunia, namun permintaan terus bertambah terutama di negara-negara berkembang.

World Crude Oil Production and Gross Domestic Product are interrelated

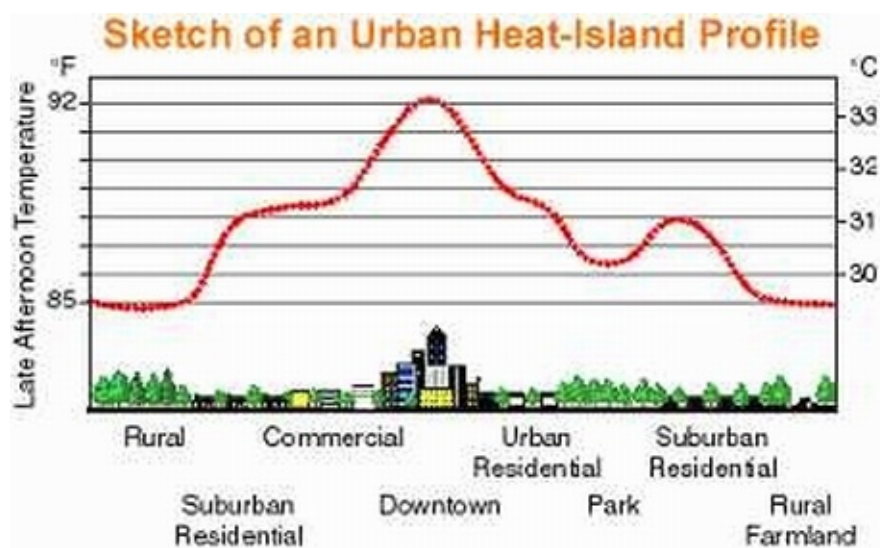


Gambar 2 Pengaruh produksi minyak pada perkembangan ekonomi dunia lima dekade terakhir
(Sumber: crude-oil-alerts.blogspot.com, April 2010)

Krisis konsumsi energi negara-negara di dunia sangat erat kaitannya dengan arsitektur (bangunan pada lingkup mikro dan kota pada lingkup makro). Ada beberapa faktor yang menjelaskan kaitan ini, yaitu : a) lebih dari 80% sumber energi dunia berasal dari energi fosil, b) lebih dari 50%-nya dikonsumsi oleh industri bangunan (*Ben Stein, New York Times article, 2008*).

Sebagai contoh di negara maju; di Inggris sekitar 50% dari total konsumsi energi negara digunakan untuk memanaskan ruang pada bangunan, dua pertiga diantaranya merupakan bangunan-bangunan domestik (Peter Burberry, 1978). Sedangkan di Amerika Serikat, dialokasikan sekitar 40% dari total konsumsi energi nasional untuk keperluan pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan bangunan; memproduksi bahan bangunan; serta melakukan pelaksanaan pembangunan.

Di Indonesia, meskipun angka tepatnya belum diketahui, menurut laporan Pengkajian Energi Universitas Indonesia (PEUI), tahun 2006 konsumsi energi nasional untuk keperluan pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan bangunan 40%, memproduksi bahan bangunan 3% dan pelaksanaan pembangunan 25%. Berdasarkan perkiraan tersebut, bangunan mengkonsumsi sekitar 50% dari total konsumsi energi, tidak jauh berbeda dengan kondisi di Amerika Serikat. Selain itu, penggunaan energi fosil mengakibatkan timbulnya polusi, *urban heat island*, dan pemanasan global (*global warming*) yang mempengaruhi keseimbangan ekologi, produksi pangan, dan kesehatan manusia (*World Energy Outlook, 2008*).



Gambar 3 Urban Heat Island (LBNL website <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/> diambil April 2010)

Bertolak dari persoalan diatas, sebenarnya sekitar setengah dari jumlah konsumsi energi tersebut dapat dihemat dengan desain, konstruksi, dan operasional bangunan yang tepat. Keputusan untuk berinvestasi pada aspek konservasi energi perlu dilakukan secepatnya karena pembuangan energi sia-sia pada bangunan akan berdampak besar pada beban finansial baik pemilik bangunan secara khusus serta secara tidak langsung menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan yang harus ditanggung oleh kota.

2. KONSERVASI ENERGI PADA BANGUNAN DALAM KONTEKS SPASIAL KOTA

Arsitek sebagai pengambil keputusan pada proses desain bangunan selama ini membatasi kreasinya pada metode konvensional dan kurang mempertimbangkan masalah

kenyamanan termal bangunan, seluruh pekerjaan/perhitungan termal diserahkan pada tenaga ahli mekanikal dan elektrikl begitu saja. Arsitek seringkali hanya bertanggung jawab dalam menentukan bentuk dan kulit bangunan sementara tenaga ahli lainnya melengkapi dengan rencana sistem utilitas. Cara tersebut dapat berakibat fatal dari sisi performa energi bangunan.

Bentuk, orientasi, penempatan jendela dan material bangunan akan memiliki efek yang lebih besar pada performansi termal bangunan dibandingkan sekedar instalasi teknikal peralatan dalam bangunan. Dengan kata lain, membangun *high-performance building* bukanlah hal yang bisa dilakukan dengan pola kerja konvensional, yaitu pola kerja sekuensial antara arsitek, dilanjutkan tenaga ahli sipil/struktural, kemudian diakhiri oleh tenaga ahli mekanikal/elektrikal. Pola kerja desainer bangunan haruslah berubah ke arah *integrated design method*, yang merangkum seluruh aspek bangunan, baik estetika, bentuk, struktur, mekanikal, elektrikl, sejak dari awal perancangan.

Meskipun argumen mengenai pentingnya konservasi energi sangat kuat, faktanya sampai saat ini tidak banyak usaha yang dilakukan secara nyata untuk menerapkan praktik-praktik konservasi energi di masyarakat. Hal tersebut disebabkan karena sulitnya mengubah pola hidup masyarakat kota yang terbiasa bermewah-mewah dalam kehidupan yang boros energi. Sebagai contoh, seringkali karena murah nya harga energi di Indonesia karena selalu disubsidi oleh pemerintah maka arsitek menjadi terbiasa merancang bangunan dengan konsumsi energi yang berlebihan.

Ada dua hal yang akan menyebabkan bangunan dan kota tidak akan mampu lagi dirancang tanpa memikirkan konservasi dan performa energi (konsumsi energi pada bangunan dan konsumsi energi pada fasilitas umum kota). Pertama, naiknya harga energi itu sendiri dan kedua, tidak mampunya PLN memenuhi meningkatnya kebutuhan listrik pada masa-masa mendatang, khususnya di perkotaan.

3. KOTA BERKELANJUTAN BERBASIS PERFORMA ENERGI PADA BANGUNAN

Saat ini hampir di semua kota di negara maju dan sebagian kota di negara berkembang menerapkan konsep kota hijau dalam mewujudkan kota yang sehat dan berkelanjutan. Kota hijau atau *Green City* adalah istilah yang dijadikan tema pada Hari Lingkungan Hidup se-Dunia Tahun 2005 yang lalu. Tema ini dicanangkan pertama kali pada pertemuan PBB di San Francisco yang dihadiri lebih 100 walikota dan gubernur yang melahirkan kesepakatan bersama, yakni mewujudkan pengembangan kota dengan konsep kota hijau (*green city*).

Istilah Kota Hijau digaungkan berkenaan dengan faktor urbanisasi yang menyebabkan pertumbuhan kota-kota besar menjadi tidak terkendali. Bertambahnya jumlah kota-kota besar ini sangat penting dikaji, karena mempunyai implikasi yang signifikan dalam memberikan tekanan terhadap lingkungan serta design tata ruang kota. Konsep *green city* pada dasarnya adalah derivasi dari istilah *sustainable development* yang populer ketika laporan *Our Common Future* diterbitkan tahun 1987. Di dalam laporan itu disebutkan bahwa *sustainable development is defined as development that meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs* (WCED,1987).

Pada tahun yang sama, *Jurnal The Ecologist* yang diterbitkan oleh kelompok pemerhati lingkungan di Berkeley University memperkenalkan istilah Urban City, yaitu perancangan pembangunan kota dengan pendekatan ekologi. Dua dasawarsa kemudian istilah *urban city* berkembang menjadi *eco city* atau *green city* dan menjadi semakin populer seiring dengan meningkatnya kesadaran akan adanya perubahan lingkungan global dan perlunya pencapaian pembangunan kota yang berkelanjutan. Integrasi dan keselarasan antara

lingkungan hidup, ekonomi dan sosial untuk mencapai keseimbangan ekosistem bumi demi generasi mendatang menjadi acuan dasar dari konsep ini (Surianti dalam Harian FAJAR, 6 Juni 2009).

Konservasi energi melalui desain performa energi pada bangunan gedung di Indonesia yang dimulai sejak tahun 1985 sebenarnya merupakan salah satu faktor yang mendukung terwujudnya *green city*. Sejak itu masalah konservasi energi menjadi salah satu topik dalam dunia konstruksi di Indonesia. Di dunia internasional, istilah audit energi mulai populer pada saat krisis energi global tahun 1973 dan dewasa ini kebutuhan audit energi semakin meningkat, seiring dengan pemahaman manusia yang semakin baik akan isu-isu pemanasan global dan perubahan iklim yang melanda bumi kita.

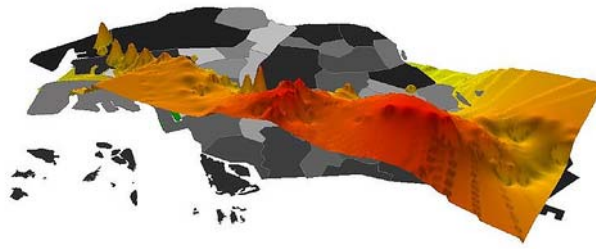
Pengertian konservasi energi melalui audit energi yaitu proses penelusuran, survei dan analisis akan aliran energi pada sebuah bangunan dengan tujuan mengetahui dinamika energi yang diteliti. Umumnya audit energi dilakukan untuk mencari peluang penghematan energi (PHE) yang dikonsumsi oleh suatu sistem (input) tanpa memberikan efek negatif pada outputnya. Dalam proses audit bangunan purna huni, penurunan konsumsi energi sekaligus mempertahankan atau meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan keamanan manusia merupakan aspek utama yang sangat diperhatikan. Audit energi tidak hanya sekedar mengidentifikasi penggunaan energi dan distribusinya, tetapi juga memprioritaskan pemakaian energi berdasarkan potensi tingkat keefektifan dalam hal penghematan energi.

Konservasi energi dapat pula diartikan sebagai kebijakan untuk mengefisienkan pemakaian energi dengan cara *Demand Side Management* (DSM), maka audit energi sebagai suatu alat analisis terhadap konsumsi energi dari sebuah gedung dapat dikatakan menjadi kegiatan yang berperan penting dalam rangka penerapan konservasi energi. Dengan audit, dapat diketahui pola konsumsi energi, pemborosan yang terjadi dan kemungkinan penghematan yang dapat dicapai. Audit energi akan mempengaruhi pola konsumsi energi sehingga meningkatkan kinerja sistem dan mengurangi biaya energi.

Konservasi energi pada bangunan dan pada fasilitas umum kota (tata lampu jalan, papan-papan komersial/reklame/neon box yang menggunakan penerangan buatan) melalui audit energi dimaksudkan bukan hanya untuk mengefisienkan pemakaian energi dan tercapainya penghematan energi namun juga untuk tidak menambah beban peningkatan termal kota.

Isu mutakhir di negara "kota" Singapore menunjukkan semakin meningkatnya temperatur kota (gambar 4), yang secara langsung dapat dirasakan oleh penghuni kota. Hal ini mendorong pemerintah Singapore melakukan beberapa program. Secara umum ada tiga program utama yang telah dijalankan, yaitu :

1. Memberdayakan peraturan penghematan pada komponen-komponen yang mengkonsumsi energi (bangunan, transportasi, industri dll) dengan rekayasa ketaatan (misalnya menumpang pada perijinan)
2. Memberi stimulus (*rebate*) untuk pelaksana yang baik dan taat (misal pengurangan bea masuk, pajak, subsidi harga komponen hemat energi, skema bantuan program hemat energi, dll)
3. Pendidikan yang menyeluruh dan kontinyu sejak dini (formal maupun non formal melalui misalnya pelabelan, sosialisasi dan kampanye) untuk membangun kesadaran dan budaya hemat energi



Gambar 4 Contoh Kondisi Termal di negara "kota" Singapore
(Sumber: farm1.static.flickr.com/48/179877968_434acadc, diambil April 2010)

Bagaimana dengan (kota-kota) di Indonesia? isu konservasi energi bangunan (pada lingkup mikro) dan kota (pada lingkup makro) di Indonesia pada saat ini secara umum ditandai dengan beberapa hal sebagai berikut :

1. Belum efektifnya sosialisasi dan penerapan konservasi energi.
2. Sudah banyak standart dan peraturan (SNI) yang telah dibuat, namun penerapan belum terasa di masyarakat
3. Sudah mendesaknya tuntutan penghematan energi baik dengan pertimbangan menipisnya sumber energi, kondisi perekonomian maupun keperdulian terhadap keberlanjutan lingkungan.
4. Penemuan energi baru terbarukan yang masih terbatas efektifitas kegunaanya baik dari segi pemenuhan konsumsi energi (kualitas dan kuantitas) maupun faktor jumlah produksi (kuantitas dan efek negative pada produksi masal).

4. PENUTUP

Persoalan konservasi energi bangunan (mikro) memberi dampak signifikan pada performa energi kota (makro). Melalui sosialisasi dan menerapkan program konservasi energi pada sektor Bangunan pada kota-kota di Indonesia untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat kota saat kini dan mendatang. Beberapa hal yang dapat dilakukan yaitu :

1. Memasukkan peraturan dan standar konservasi energi di dalam peraturan Ijin Membangun Bangunan (IMB)
2. Membangun dan mengembangkan sistem penilaian tingkat hemat energi bangunan (*Energy Star Rating*) secara komprehensif sesuai tipologi bangunannya, dimungkinkan juga untuk ditingkatkan pada aspek bangunan keberlanjutan.
3. Pembuatan peraturan dan standar audit energi sesuai tipologi bangunan.
4. Membangun peraturan dan standar pengelolaan (manajemen) energi pada bangunan-bangunan pemerintah dan umum.
5. Melakukan kampanye, sosialisasi dan pendampingan penerapan manajemen energi.
6. Melakukan percontohan audit energi baik di gedung pemerintah maupun swasta.
7. Menggalakkan pemakaian sumber Energi Baru Terbarukan melalui kampanye dan percontohan
8. Membangun sistim imbal balik (penghargaan) atas inisiatif sendiri dan kemandirian masyarakat berhemat energi yang diterapkan pada bangunan. Reward diberikan berdasar pada hasil penilaian tingkat hemat dan dapat diaplikasikan dengan pengurangan pajak, pengurangan biaya listrik atau insentif lainnya.
9. Membuat program-program kompetisi yang mendorong pelaksanaan konservasi energi dan pengelolaan energi.

10. Melakukan sosialisasi dan promosi konservasi energi pada sektor bangunan melalui slogan, media cetak dan digital untuk membangun kesadaran dan mendorong pelaksanaan Konservasi energi untuk masyarakat umum
11. Membangun materi konservasi energi untuk di titip dalam kurikulum pendidikan formal dapat dalam bentuk alat peraga atau dikombinasikan dalam modul pengajaran (dari tingkat SD hingga Perguruan Tinggi). Menjadi program pendidikan konservasi energi sejak usia dini guna membangun generasi baru berbudaya hemat energi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Malkawi, Ali and Augenbroe, Godfried, 2004, *Advanced Building Simulation*, New York and London: Spon Press.
- A.I.A. Research Corp., 1978, *Energy Inform Designing for Energy Conservation*, U.S. Department of Energy.
- Underwood, C.P. and Yik, F.W.H., 2004, *Modeling Methods for Energy in Buildings*, Blackwell Science.
- Dubin, F., 1997, *Energy and Buildings*, Energy Conservation Studies, 1(1): 31-42.
- International Energy Agency, 2008, *World Energy Outlook 2008*
- Burberry, Peter, 1978, *Building for Energy Conservation*, London: Architectural Press Ltd.
- Register, Richard, 2002, *Ecocities: Building Cities in Balance with Nature*, California: Berkeley Hills Books.
- SNI ICS 91.040.01, *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Indonesia.
- Wagner, Walter F., Jr., AIA, *Energy Efficient Buildings*, Architectural Record Magazine, New York: .

MANAJEMEN, PERENCANAAN DAN PERANCANGAN LINGKUNGAN PERKOTAAN KONTEMPORER



PEMANFAATAN DAN PERANCANGAN KAWASAN TEPI AIR SUNGAI TERPADU DAN BERKELANJUTAN SEBAGAI SUBSTITUSI PENGURANGAN RTH KOTA ¹

Respati Wikantiyoso ²

Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Merdeka Malang

Email: respati_w@yahoo.com

ABSTRAK

Makalah ini mendiskusikan tentang pemanfaatan dan perancangan kawasan tepi air sungai secara terpadu dan berkelanjutan, sebagai upaya alternative substitusi pengurangan RTH Kota yang marak terjadi di Kota-kota kita. Pemahaman atas Kawasan Tepi Air Sungai, merupakan upaya “penyesuaian” atas istilah “bantaran sungai” yang memiliki konotasi sebagai kawasan non-budidaya atau kawasan konservasi. Pengantian ini bukan tanpa maksud tetapi untuk membawa mainframe diskusi kita pada suatu wilayah tepi air sungai yang masih memungkinkan dilakukan “intervensi” fisik dalam rangka pemanfaatan fungsi ruang tertentu pada kawasan tepi air sungai. Esensi kata pemanfaatan dalam diskusi ini tidak lain adalah upaya “pembangunan” yang memiliki 3 orientasi yakni development orientation, conservation orientation dan community orientation. Pertanyaan yang timbul sejauh mana intervensi fisik (baca: perancangan kawasan) boleh dilakukan sehingga keterpaduan dan keberlanjutan pembangunan di kawasan tepi air sungai dapat terjaga. Perancangan kawasan tepi air sungai harus tetap mengacu kepada ketiga orientasi pembangunan kawasan tepi air sungai secara menyeluruh. Pembahasan makalah ini bertujuan untuk menghasilkan prinsip-prinsip perancangan (design criteria) kawasan tepi air sungai yang dapat dilakukan untuk fungsi tertentu sehingga mampu menjamin keberlanjutan pembangunan.

Kata kunci: Pembangunan terpadu dan berkelanjutan, Perancangan kawasan, Kawasan Tepi Air Sungai.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kota merupakan konsekuensi logis dari proses “urbanisasi” dalam arti yang sangat luas. Pertambahan penduduk kota di satu sisi, serta peningkatan jumlah fasilitas fisik kota merupakan suatu faktor yang mendorong perkembangan kota semakin pesat. Tuntutan akan pemenuhan fasilitas kota serta adanya “keterbatasan” lahan di perkotaan, menyebabkan pemanfaatan ruang kota mengalami dilema dalam pengendaliannya. Alih fungsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota menjadi area terbangun (Mall, Permukiman, Perkantoran, Fasilitas Perdagangan dan sebagainya) semakin tidak terkendali. Di sisi lain ketentuan penyediaan RTH kota seperti diamanatkan dalam UU 26 tahun 2007 sebesar 30 % luas kota menjadi terasa sulit untuk diwujudkan.

Alih fungsi kawasan-kawasan konservasi menjadi kawasan “budidaya” sudah saatnya menjadi perhatian serius untuk menanggulangi dampak perubahan iklim. Dampak negative ketidakcukupan (kuantitas dan kualitas) RTH antara lain; (1) Menurunnya kenyamanan lingkungan kota; terjadi karena penurunan kapasitas dan daya dukung lingkungan kerana terjadinya pencemaran, berkurangnya air tanah, suhu lingkungan yang meningkat; (2) Turunnya kualitas visual kota; keindahan alamiah berkurang, berkurangnya varietas flora dan fauna, hilangnya artefak alamiah; (3) Menurunnya tingkat

¹ Paper disampaikan sebagai makalah pendamping pada Seminar Nasional dan Workshop tentang *Sustainable Culture, Architecture and Nature (SCAN)*, diselenggarakan oleh Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atmajaya Yogyakarta, Tanggal 17 s/d 18 Juni 2010

² Guru Besar Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang.

kesejahteraan masyarakat (kesehatan masyarakat menurun, konsumsi energy meningkat dsb). Kondisi seperti ini sudah seharusnya diantisipasi lebih dini oleh para stakeholders dibidang perencanaan dan perancangan ruang kota.

Sebagai Negara bahari dengan lebih dari 70 % adalah wilayah perairan (pesisir, tepi sungai, danau) memiliki potensi untuk “menyelamatkan” wilayah kawasan tepi air (perairan), sebagai kawasan penyangga dan kawasan konservasi lingkungan alamiah. Kiranya diperlukan suatu pranata “pengendali” untuk tetap terjaga fungsi konservasi di sepanjang kawasan tepi air (KTA) tersebut. Kondisi saat ini yang terjadi adalah, pemanfaatan KTA yang semakin tidak terkendali, baik dari sisi kualitas maupun kuantitasnya. Pemanfaatan kawasan-kawasan yang “tidak” terawasi seperti Kawasan Tepi Air Sungai (KTAS) atau yang lebih umum dengan istilah bantaran / stren sungai (baca; wilayah sempadan tepi air sungai), merupakan salah satu masalah dihadapi oleh kota yang memiliki daerah aliran sungai.

Pemanfaatan KTAS pada saat ini mengalami kecenderungan tidak terkontrolnya penggunaan ruang, kepadatan, serta fungsi ekologis yang mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan fisik serta kualitas air sungai. Pemukiman kumuh di sepanjang KTAS merupakan suatu pemandangan yang “biasa” dan pada akhirnya menimbulkan masalah yang sangat serius dalam upaya pemanfaatannya. Kawasan bantaran sungai dalam pengendaliannya menghadapi masalah yang serius seperti; Kepadatan bangunan yang tinggi dengan prasarana lingkungan yang minim; Kualitas visual yang terkesan “kumuh”; Kerawanan terhadap bahaya banjir dan tanah longsor; serta Pembuangan sampah rumah tangga yang mencemari sumber daya air sungai dan lain-lain. Keadaan ini terjadi antara lain karena upaya perencanaan, perancangan, serta pengendalian pemanfaatan KTAS yang masih sektoral. Upaya-upaya penataan kawasan yang sudah terlanjur “kumuh” ini permasalahannya bukan hanya sekedar perancangan fisik ruang saja tetapi justru permasalahan lingkungan dan sosial merupakan masalah krusial yang sulit untuk diatasi dalam waktu yang relatif singkat.

Dalam upaya meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan dalam pemanfaatan KTAS, diperlukan pemahaman dan penanganan semua aspek yang menyertai secara komprehensif. Upaya penataan KTAS sebagai suatu bentuk upaya intervensi fisik harus memperhatikan keberlanjutan kehidupan sosial, budaya serta ekologis kawasan. Keberlanjutan pembangunan (*sustainable development*) sebagai suatu konsep penataan (intervensi fisik berupa rancang bangun kawasan) kelihatannya merupakan salah satu solusi yang mampu menjembatani berbagai kepentingan pembangunan di KTAS. Pembahasan dalam makalah ini akan ditekankan pada menghasilkan prinsip-prinsip disain KTAS sesuai dengan peruntukan fungsi kawasan yang diperkenankan, dengan memperhatikan konsepsi keberlanjutan pembangunan sebagai *mainset*. Kerangka acuan perancangan unsur fisik KTAS mengacu kepada unsur-unsur perancangan kota seperti diungkapkan oleh Hamid Shirvani (1985) dalam bukunya *Urban Design Process*.

Permasalahan yang sering muncul dalam upaya pemanfaan KTAS adalah bagaimana arahan atau prinsip-prinsip disain untuk fungsi tertentu di KTAS yang mampu menjaga kelestarian lingkungan TAS. Dengan tetap mengacu kepada ketentuan perundangan yang berlaku serta pendekatan-pendekatan perancangan kawasan diharapkan prinsip-prinsip disain kawasan dapan memberikan arahan yang lebih jelas dalam pemanfaatan KTAS. Upaya penyusunan prinsi-prinsip perancangan ini harus dibarengi dengan upaya-upaya pelibatan masyarakat di sekitar KTAS untuk berperperan aktif dalam upaya implementasi dan pengendaliannya.

2. RUANG TERBUKA HIJAU KOTA

Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota adalah bagian dari ruang perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi guna mendukung manfaat langsung dan/atau tidak langsung. Bentuk RTH dapat diklasifikasi menjadi (1) bentuk RTH alami (habitat liar/alami, kawasan lindung) dan (2) bentuk RTH non alami atau RTH binaan (pertanian

kota, pertamanan kota, lapangan olah raga, pemakaman. Berdasarkan sifat dan karakter ekologisnya, RTH dapat diklasifikasikan menjadi (1) bentuk RTH kawasan (areal, non linear), dan (2) bentuk RTH jalur (koridor, linear). Sedangkan berdasarkan penggunaan lahan atau kawasan fungsionalnya diklasifikasi menjadi (1) RTH kawasan perdagangan, (2) RTH kawasan perindustrian, (3) RTH kawasan permukiman, (4) RTH kawasan pertanian, dan (5) RTH kawasan-kawasan khusus, seperti pemakaman, hankam, olah raga, alamiah.

Menurut UU No 26 tahun 2007, RTH dapat dibedakan berdasar status kepemilikan RTH menjadi (1) RTH publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan publik atau lahan yang dimiliki oleh pemerintah (pusat, daerah), dan (2) RTH privat atau non publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan milik privat.. RTH, baik RTH publik maupun RTH privat, memiliki fungsi utama yaitu fungsi ekologis, dan fungsi tambahan yaitu fungsi arsitektural, sosial, dan fungsi ekonomi. Dalam suatu wilayah perkotaan empat fungsi utama ini dapat dikombinasikan sesuai dengan kebutuhan, kepentingan, dan keberlanjutan kota. Fungsi ekologis RTH yang baik akan menjamin keberlanjutan suatu wilayah perkotaan. Fungsi-fungsi RTH lainnya (sosial, ekonomi, arsitektural) merupakan fungsi pendukung dan penambah nilai kualitas lingkungan dan budaya kota.

Dengan demikian keberadaan RTH di perkotaan memiliki fungsi yang sangat strategis dalam upaya untuk mewujudkan lingkungan kota yang kondusif bagi tempat interaksi antara tata kehidupan manusia dengan lingkungan alamiahnya secara harmonis dan berkelanjutan. Yang menjadi pertanyaan adalah bagaimana kita mampu “mengelola” RTH yang secara alamiah telah ada menjadi lingkungan alamiah yang kondusif bagi aktifitas manusia di perkotaan yang terpadu dan berkelanjutan secara harmonis.

3. PEMANFAATAN KTAS TERPADU DAN BERKELANJUTAN

Strategi pembangunan yang hanya mengacu pada paradigma pertumbuhan dan “pemerataan” telah terbukti rentan terhadap masalah-masalah sosial. Menurut Tjokrowinoto (1987) pendekatan pembangunan harus disertai dengan nilai kelestarian pembangunan atau *sustainable development* untuk menumbuhkan *self sustaining capacity* masyarakat. Ini bermakna bahwa pembangunan harus berpusat pada manusia (*people-centered development*). Strategi ini akan menumbuhkan partisipasi masyarakat dalam pembangunan.

Pelaksanaan UU No. 22 tahun 2000 tentang Pemerintah Daerah, dan UU No. 25 tahun 2000 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Daerah, sebagai realisasi Otonomi Daerah (OTODA), berimplikasi pada perubahan paradigma pembangunan di daerah. Pembangunan di daerah, seperti tercantum dalam pasal 92 UU No. 22 disebutkan bahwa; dalam penyelenggaraan pembangunan kawasan perkotaan, Pemerintah daerah perlu mengikut sertakan masyarakat dan swasta (ayat 1); dan Pengikutsertaan masyarakat, sebagaimana dimaksud ayat (1), merupakan pemberdayaan masyarakat dalam pembangunan perkotaan. Bila dikaitkan dengan tiga strategi pembangunan yang dilakukan oleh David C. Korten (1984), yaitu strategi pertumbuhan, *basic needs*, dan strategi *people-centered development*, maka paradigma pembangunan kota saat ini diarahkan pada strategi pembangunan yang ketiga. Strategi ini merupakan strategi yang mendekati konsep pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*).

Pemahaman *sustainable development* sebenarnya bukan semata-mata keberlanjutan dalam pemahaman perubahan social-cultural masyarakat, tetapi keberlanjutan dalam pengertian luas termasuk aspek ekologi (*sustainable environment*). Terjaga dan terpeliharanya kualitas lingkungan secara ekologis dan sosial-budaya dan ekonomi merupakan sasaran yang harus dicapai setiap upaya pembangunan kawasan. Hal ini bermakna bahwa perubahan atau “intervensi fisik” (baca: pembangunan) yang dilakukan harus mampu menjamin dan meminimalkan *cultural-lag* dalam arti luas. Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai (KTAS) sebagai bentuk “intervensi” fisik dalam upaya

pemanfaatan ruang kota juga harus memperhatikan kepentingan tuntutan pengembangan (fungsi ruang), kelestarian lingkungan serta kepentingan hajat hidup masyarakat di sekitar kawasan.

Konsep *sustainability* yang digagas oleh kaum environmentalist berawal dari sikap keprihatinan terhadap konsekuensi jangka panjang terhadap tekanan daya dukung alami (*natural support system*). Dalam Brundtland Commission Report yang berjudul *Our Common Future*, dijelaskan batasan tentang *sustainable development* sebagai berikut (Blower, Andrew 1993):

“Sustainable development is defined as development that meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

Dari pengertian di atas ada tiga (3) konsep kata kunci yang perlu diperhatikan yaitu *development*; *needs*; dan *future generations*. Blower (1993) lebih lanjut menguraikan bahwa pembangunan yang berkelanjutan mempunyai tujuan untuk; melindungi sumber daya alam (*resource conservation*); pembangunan lingkungan binaan (*built development*), menjaga kualitas lingkungan (*environmental quality*), menghindari kesenjangan sosial (*social equality*), dan meningkatkan partisipasi (*political participation*).

Uraian di atas semakin memperjelas kita bagaimana konsepsi pembangunan yang berkelanjutan menjadi tuntutan yang semakin mengemuka. Dalam tataran operasional konsepsi keberlanjutan pembangunan sebenarnya masih menuntut adanya prasyarat keterpaduan baik dalam perencanaan, perancangan, pelaksanaan maupun kontrol operasionalnya. Pengertian terpadu dimaksudkan untuk mengkoordinasikan dan mengarahkan berbagai aktivitas dari dua atau lebih sektor dalam perencanaan dan perancangan KTAS. Perencanaan terpadu dimaksudkan sebagai suatu upaya secara terprogram untuk mencapai tujuan yang dapat mengharmoniskan dan mengoptimalkan antara kepentingan untuk memelihara lingkungan, keterlibatan masyarakat, dan pembangunan ekonomi.

Dalam konteks perencanaan pembangunan sumber daya alam yang lebih luas, Hanson (1988) mendefinisikan perencanaan sumberdaya secara terpadu sebagai upaya secara bertahap dan terprogram untuk mencapai tingkat pemanfaatan sistem sumber daya alam secara optimal dengan memperhatikan semua dampak lintas sektoral yang mungkin timbul. Menurut Lang (1986) keterpaduan dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam hendaknya dilakukan pada tiga tataran (*level*), yakni tataran teknis, tataran konsultatif dan koordinasi.

Keterpaduan dalam tataran teknis dilakukan dengan mempertimbangkan aspek-aspek teknis, ekonomis, dan lingkungan secara proporsional dalam setiap keputusan perencanaan dan pembangunan kawasan. Pada tataran konsultatif, segenap aspirasi dan kebutuhan *stakeholders* atau yang terkena dampak pembangunan hendaknya dilibatkan (*participation approaches*) sejak tahap awal perencanaan sampai pelaksanaan. Tataran koordinasi mensyaratkan adanya kerjasama harmonis di antara *stakeholders* baik pemerintah, swasta maupun masyarakat.

Pemanfaatan KTAS secara terpadu adalah suatu pendekatan pemanfaatan KTAS yang melibatkan dua atau lebih ekosistem, sumber daya, dan kegiatan pemanfaatan secara terintegrasi (*integrated*) guna tercapainya pembangunan KTAS secara berkelanjutan. Menurut Dahuri, R. (2001), keterpaduan (*integrated*) pemanfaatan SDA mengandung tiga dimensi; sektoral (*horizontal and vertical integration*), bidang ilmu (*interdisciplinary approaches*) dan keterkaitan ekologis (*ecological linkages*).

Mengingat upaya pemanfaatan mengandung makna pengelolaan yang di dalamnya mengandung tiga tahapan utama; tahap perencanaan, tahap implementasi, tahap monitoring dan evaluasi, maka jiwa keterpaduan perlu diterapkan sejak tahap perencanaan sampai tahap evaluasi. Pembahasan dalam makalah ini akan dibatasi pada tahap perencanaan dengan menghasilkan prinsip-prinsip perancangan KTAS. Sehingga

pembahasan dimensi keterpaduan bidang ilmu (*interdisciplinary approaches*) dan keterkaitan ekologis (*ecological linkages*) lebih dominan.

4. KAWASAN TEPI AIR SUNGAI

Kawasan Tepi Air Sungai (KTAS) meruakan suatu kesatuan area/lahan yang letaknya berbatasan langsung dengan tepian air sungai, yang masih memiliki pengaruh dominan karakteristik lingkungan tepi air baik secara morfologis, maupun ekologis. Secara fungsional KTAS sebagai satuan wilayah dan atau bagian wilayah kota mempunyai fungsi utama sebagai fungsi ekologis. Kawasan KTAS merupakan area konservasi yang diharapkan akan mampu “memfilter” serta melindungi sumber daya air sungai. Pada kenyataannya fungsi ekologis KTAS saat ini sudah mulai hilang karena pemanfaatan KTAS semata-mata hanya diperuntukan bagi fungsi-fungsi hunian, perdagangan, tanpa memperhatikan kepentingan-kepentingan kelestarian lingkungan. Hal ini berimplikasi pada kecenderungan penurunan kualitas visual dan kualitas ekologi lingkungan kawasan.

Upaya-upaya pengendalian serta perlindungan terhadap kualitas lingkungan Tepi Air Sungai (TAS) sebenarnya sudah dilakukan oleh pemerintah dengan diterbitkannya beberapa peraturan perundangan yang berkaitan dengan hal tersebut. Peraturan perundangan tersebut seperti diurai pada halaman 3 di depan. Peraturan teknis mengatur yang pemanfaatan KTAS tertuang dalam *Petunjuk Teknis Penataan Bangunan dan Lingkungan di Kawasan Tepi Air*, yang dikeluarkan oleh Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum RI tahun 2000. Walaupun boleh dikatakan terlambat, karena pada saat diterbitkan permasalahan pemanfaatan KTAS di beberapa kota sudah demikian kronis. Tetapi paling tidak kita dapat gunakan pada upaya-upaya perancangan KTAS ke depan.

Selain perangkat peraturan tersebut, sebenarnya pemerintah lokal (kota dan kabupaten) yang wilayahnya memiliki aliran sungai, telah mengeluarkan perangkat (perda) yang mengatur tentang pemanfaatan daerah “bantaran” sungai. Walaupun demikian kita juga harus menyadari bahwa permasalahan pengendalian dan penataan KTAS saat ini bukan hanya masalah teknis penataan fungsi ekologis saja, tetapi justru masalah sosial masyarakat di KTAS merupakan masalah yang sangat pelik. Sehingga keterpaduan horisontal dan vertikal seperti diharapkan oleh Dahuri R (2001) harus dilakukan. Dalam tataran operasional kenyataannya perangkat peraturan sebagai “pengendali” belum mampu berperan optimal. Untuk itu diperlukan upaya-upaya kongkrit yang mampu menjembatani berbagai kepentingan dalam pemanfaatan KTAS.

5. PERANCANGAN KAWASAN TEPI AIR SUNGAI

Kawasan Tepi Air sungai dalam pembahasan ini adalah KTAS yang berada di lingkungan kota, sehingga pembahasan perancangan KTAS merupakan bagian dari proses perancangan kota secara umum. Perancangan kota (*urban*) pada hakekatnya merupakan pengelolaan kawasan kota yang terpadu, yang bertujuan untuk mengupayakan terbentuknya perangkat pengendali (*urban regulation*) yang mampu mengantisipasi semua aspek perkembangan kota, termasuk KTAS. Menurut Shirvani, H. (1985), dalam bukunya *The Urban Design Process* menyebutkan perancangan kota adalah merupakan bagian dari proses perencanaan yang berkaitan dengan perancangan fisik dan ruang suatu lingkungan kota yang ditujukan untuk kepentingan umum. Seperti diungkapkan oleh Barnett (1979), bahwa perancangan kota merupakan keputusan-keputusan kebijaksanaan publik, dan menurut Gosling (1980) perancangan kota sebagai pernyataan politik.

Lingkup *urban design* (perancangan kota) menurut Beckley (1979 :62) dalam *Introduction to Urban Planning*, mengatakan bahwa *urban design* adalah “jembatan” antara profesi perencana kota (*urban planning*) dengan profesi arsitek. Dalam makalah *Urban Design: Pengertian, permasalahan, dan Konsep Penerapan*, Danisworo (1993), mengungkapkan rancangan kota berkepentingan dengan kualitas ruang kota terutama

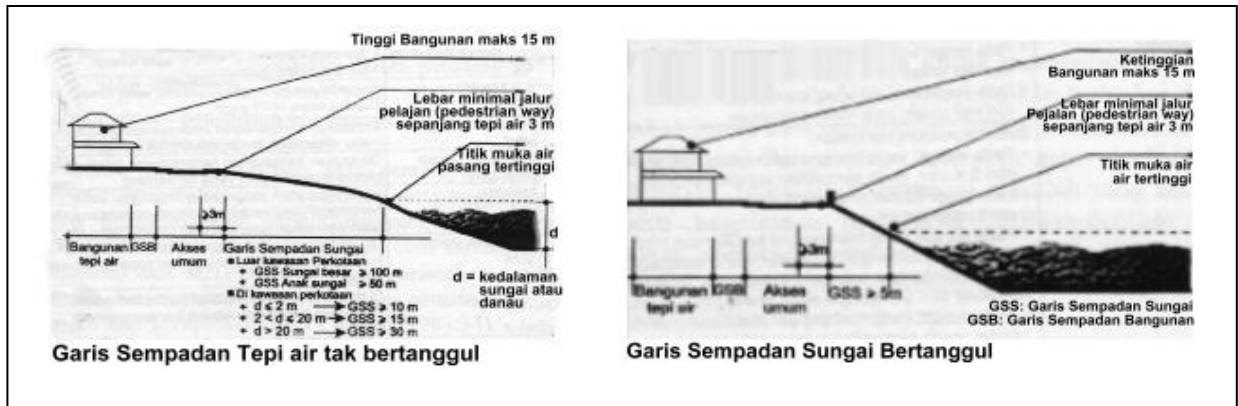
yang berkaitan dengan kepentingan umum pada suatu bagian dan/atau sektor kota. Menurut Appleyard (1982:122), perancangan kota dapat dikelompokkan ke dalam tiga orientasi yang berbeda yakni; (1) *Development orientations*, sebagai bagian terbesar dari praktek perancangan kota, yang menyangkut proyek pembangunan gedung beserta fasilitas infrastruktur-nya. Peran swasta pada kegiatan ini sangat besar; (2) *The conservation orientations*, yang memfokuskan pada upaya memelihara kualitas lingkungan alam; (3) *Community orientations*; upaya memperbaiki lingkungan bagi masyarakat berpenghasilan rendah melalui partisipasi aktif masyarakat, yang diatur dalam kelembagaan tertentu.

Orientasi perancangan kota tersebut merupakan dasar kebijaksanaan yang harus diperhatikan dalam perancangan kota. Pendekatan yang realistis untuk perancangan kota harus memasukkan ketiga orientasi tersebut, dan mencari keseimbangan antara ketiga orientasi tersebut di atas (Shirvani, H., 1985). Substansi perancangan kota menurut Shirvani, H., (1985) mencakup delapan elemen perancangan kota yakni; (1) Tata guna tanah (*land use*); (2) Massa dan bentuk bangunan (*Bulding form and massing*); (3) Sirkulasi dan parkir (*Circulation and parking*); (4) Ruang terbuka (*Urban Space*); (5) Jalur pejalan kaki (*Pedestrian ways*); (6) Aktivitas penunjang (*Activity support*); (7) Tanda-tanda (*Signage*); dan (8) Konservasi (*Preservations*). Kedelapan elemen perancangan kota (baca; kawasan) inilah yang digunakan sebagai acuan menyusun prinsip-prinsip perancangan KTAS (lihat **tabel 1**).

Elemen-elemen *urban design* tersebut di atas merupakan lingkup fisik sebagai substansi perancangan kota, dimana antara elemen satu dengan lainnya merupakan suatu kesatuan yang saling pengaruh mempengaruhi sehingga dalam perancangan kota pendekatan yang komprehensif diperlukan untuk mengeliminir munculnya permasalahan baru sebagai akibat dari proses perancangan yang dilakukan. Rencana merupakan produk penting dalam perancangan kota yang berorientasi pada proses dan produk, rencana tersebut harus dikembangkan mengikuti kerangka yang tertuang dalam kebijaksanaan perancangan kota di atas. Rancangan kota sebagai peraturan yang diperlakukan harus menjadi landasan bagi arsitektur baru, rencana baru, dan kualitas baru (Slamet Wirasondjaya, 1992). Kebijakan dan rancangan kota dalam operasionalisasinya perlu diterjemahkan ke dalam bentuk pedoman yang lebih spesifik dan operasional dengan memperhatikan ruang kota dalam skala mikro termasuk perancangan KTAS.

Perancangan KTAS harus memperhatikan beberapa aspek yang berkaitan dengan bentuk morfologi sungai serta ketentuan peraturan yang berlaku. Beberapa peraturan yang berkaitan dengan upaya pemanfaatan kawasan tepi air antara lain; (1) Keputusan Presiden RI No. 32 tahun 1990 tentang pengelolaan kawasan lindung; (2) Peraturan Pemerintah RI no 47 tahun 1997 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional; (3) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.63/PRT/1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai; (4) Petunjuk Teknis Penataan Bangunan dan Lingkungan di Kawasan Tepi Air Oleh Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum RI tahun 2000. Hal ini perlu dilakukan untuk menjaga konsistensi serta penegakan peraturan yang berlaku.

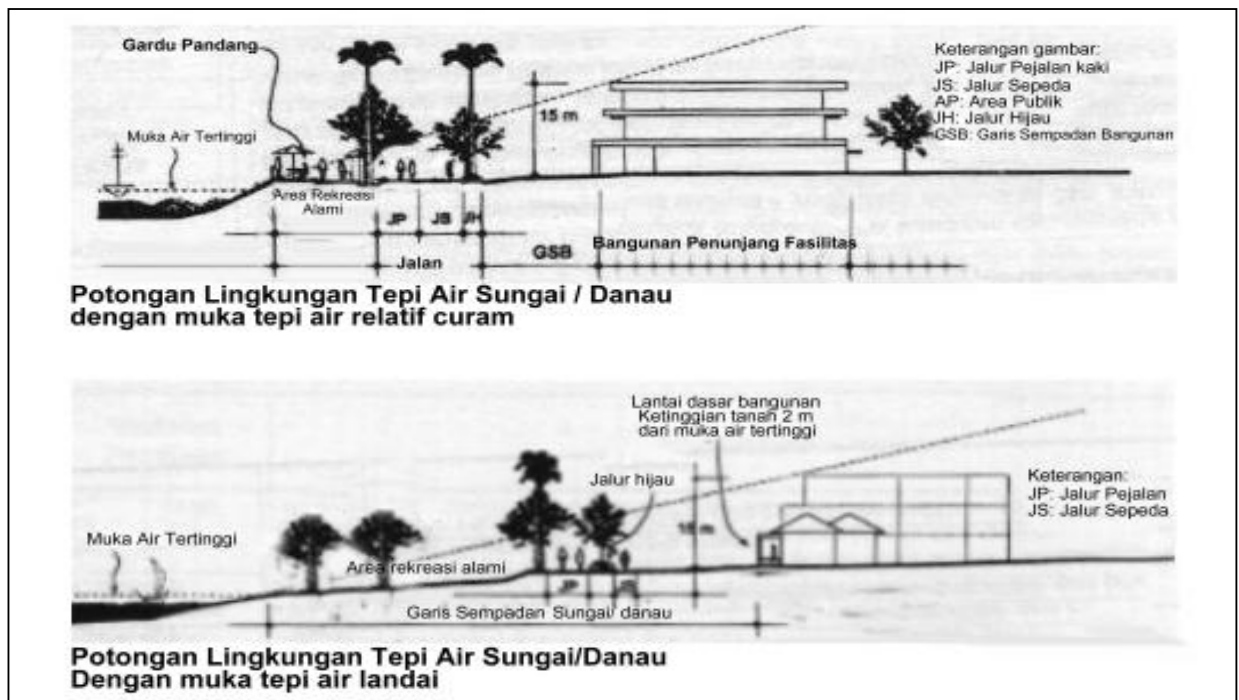
Mengacu kepada Petunjuk Teknis Penataan Bangunan dan Lingkungan di Kawasan Tepi Air (Cipta Karya, 2000) serta Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.63/PRT/1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai, maka ketentuan perancangan KTAS dapat diilustrasikan dalam gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1: Ilustrasi ketentuan perancangan KTAS (diolah dari sastrawati, 2001)

Jika kita perhatikan ilustrasi dalam gambar 1 di atas, terlihat bahwa perancangan KTAS harus memberikan “jarak” (sempadan tepi air) yang berfungsi sebagai daerah “transisi” untuk menjamin terjaganya fungsi ekologis Tepi Air Sungai. Pada zona ini dapat berfungsi sebagai ruang terbuka (*hard and/or soft space*), atau untuk fungsi ruang rekreasi alami (lihat gambar 2). Dengan mengacu pada upaya pembangunan terpadu yang berkelanjutan jelas bahwa prioritas pemanfaatan KTAS adalah upaya melindungi dan melestarikan lingkungan alam. Berkaitan dengan hal tersebut ada beberapa dasar pertimbangan yang digunakan dalam menyusun prinsip-prinsip perancangan KTAS, antara lain:

1. Bentuk tipologi-morfologi KTAS baik secara topografis, karakteristik tanah, jenis vegetasi, serta bentuktepi air sungai (landai atau curam) akan mempengaruhi teknik, disain, dan konstruksi pembangunan kawasan tersebut.
2. Perancangan KTAS harus memperhatikan karakteristik lingkungan, sehingga karakter spesifik kawasan tetap terjaga. Perlu ditetapkan fungsi peruntukan yang sesuai dengan karakteristik setempat. Hal ini akan mempengaruhi sejauhmana pemanfaatan KTAS atau bahkan badan air sungai/danau akan digunakan.
3. Kawasan tepi air mempunyai batasan-batasan atau aturan dalam perancangannya baik dari sisi skala (ukuran) maupun kompleksitasnya (Wrenn, 1983). Pembangunan di KTAS haruslah ditujukan untuk perlindungan terhadap lingkungan serta memanfaatkan lahan-lahan yang kurang produktif. Sehingga perlu dilakukan AMDAL secara cermat sebelum pembangunan KTAS dilakukan.
4. Dampak kepada aktivitas penduduk serta kelestarian lingkungan perlu dicermati. Pemanfaatan lingkungan tepi air sungai dilakukan dengan menjaga kualitas air, penyediaan ruang terbuka, menjamin kemudahan akses/pencapaian, serta antisipasi terhadap bencana (longsor, banjir) serta dampak sosial bagi penduduk di kawasan tersebut.
5. Harus diinventarisasi kegiatan-kegiatan sosial-budaya, peristiwa tertentu (*event*) dan/atau adat kebiasaan penduduk berupa ritual/upacara yang dilakukan di tepi air dan/atau badan air. Hal ini penting untuk dapat mengakomodasikan kepentingan-kepentingan penduduk dalam upaya pengembangan kawasan.
6. Orientasi bangunan sebaiknya ke arah tepi air. Tepi air harus dijadikan “*latar depan*” sehingga “penghargaan” terhadap lingkungan tepi air menjadi lebih baik. Secara sosial, kontrol pemanfaatan ruang tepi air menjadi lebih mudah dibandingkan jika tepi air dijadikan “*daerah belakang*”.



Gambar 2: Sketsa diagramatik perancangan KTAS

6. CATATAN PENUTUP

Pada akhir makalah ini secara khusus tidak dibuat kesimpulan. Beberapa catatan penting berkaitan dengan pemanfaatan ruang dalam upaya perancangan KTAS yang harus diperhatikan dan menjadi bahan renungan kita adalah sebagai berikut:

1. Pemanfaatan KTAS secara terpadu adalah suatu pendekatan pemanfaatan KTAS yang terintegrasi (*integrated*) guna tercapainya pembangunan KTAS secara berkelanjutan. Keterpaduan (*integrated*) pemanfaatan SDA mengandung tiga dimensi; sektoral (*horizontal and vertical integration*), bidang ilmu (*interdisciplinary approaches*), dan dimensi keterkaitan ekologis (*ecological linkages*).
2. Intervensi fisik melalui perancangan KTAS harus memperhatikan 3 orientasi pembangunan yakni; (1) *Development orientations*; (2) *conservation orientations*; dan (3) *community orientations*. Ke-tiga Orientasi tersebut merupakan dasar kebijakan yang harus diperhatikan dalam perancangan KTAS.
3. Dalam rangka pemanfaatan dan perancangan KTAS terpadu dan berkelanjutan, maka harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut: (1) Pemanfaatan SDA harus memperhatikan kepentingan generasi yang akan datang, (2) pembangunan harus memperhatikan keselarasan dan keseimbangan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan, (3) Pembangunan harus menjamin kualitas kehidupan yang lebih baik, untuk generasi sekarang dan masa yang akan datang, (4) harus dihindarkan dampak pada sosial dengan melakukan kajian AMDAL. (5) Upaya-upaya partisipasi dalam pengambilan keputusan, perencanaan harus dilakukan di semua level proses upaya peningkatan kualitas lingkungan KTAS.

Semoga makalah ini dapat menjadi bahan renungan dan diskusi dalam rangka memberikan masukan upaya pemanfaatan dan perancangan Kawasan Tepi Air Sungai.

Tabel 1: Prinsip-Prinsip Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai

Komponen Penataan (Hamid Sirvani, 1985)	Faktor pertimbangan/ penentu	Elemen Perancangan	Prinsip-Prinsip Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai
Tata guna tanah (<i>land use</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Kesesuaian peruntukan/ fungsi peruntukan yang ditetapkan. • Morfologi dan tipologi kawasan tepi air sungai 	<ul style="list-style-type: none"> • Penetapan fungsi dan zona kawasan rancangan • Zona fungsional • Zona konservasi alam 	<ul style="list-style-type: none"> • Penetapan fungsi atau rencana pengembangan kawasan tepi sungai harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan (kualitas SDA, udara dan sumber daya hayati) • Dihindarkan penetapan fungsi dan rawan konflik terhadap kepentingan konservasi. • Fungsi rekreasi alam dan edukasi (konservasi) merupakan alternatif pengembangan yang dimungkinkan dalam pemanfaatan kawasan tepi air sungai (KTAS).
Massa dan bentuk bangunan (<i>Bulding form and massing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Peraturan pembangunan pada KTAS (sempadan sungai, piel, KLB, KDB dll). • Tipologi dan karakteristik bentuk bangunan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis bangunan yang dirancang • Bentuk dan struktur bangunan • Elevasi, skala, orientasi bangunan 	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan yang boleh dirancang pada area sempadan tepi air sungai (TAS) adalah bangunan pengawas dan bangunan yang bersifat terbuka (<i>gazebo</i> atau gardu pandang) dengan pandangan leluasa ke arah TAS. • Bangunan diluar garis sempadan dapat berfungsi sebagai fasilitas pendukung kegiatan utama KTAS, seperti kafe, restoran, toko sovenir, penginapan, parkir dll. • Bentuk bangunan baru mengikuti dan memperhatikan karakter alami KTAS dan dilakukan dengan prinsip kesatuan karakter vegetasinya. • Elevasi (piel) minimal lantai bangunan dari muka jalan ditentukan untuk pengendalian banjir. Bangunan bebas banjir tahunan dan 100 tahunan • Orientasi bangunan diutamakan ke arah TAS untuk menghindarkan TAS sebagai daerah “belakang” bangunan.
Sirkulasi dan parkir (<i>Circulation and parking</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Kemudahan Aksesibilitas • Kenyamanan • Keamanan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalur Kendaraan bermotor • Jembatan • Tempat parkir kendaraan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalur kendaraan disediakan di sepanjang TAS agar pengendara dapat menikmati KTAS, serta menjadikan TAS sebagai orientasi (daerah depan bangunan). Tercipta koridor jalan sepanjang TAS dengan lebar minimal 3 meter, kecuali terdapat instalasi khusus (militer, laboratorium dll) di tepia aliran sungai. • Jika harus dibuat akses berupa jembatan, maka disain jembatan harus dirancang sebagai elemen estetika. • Fasilitas tempat parkir di sediakan di belakang sempadan TAS, dan tidak diperbolehkan parkir di badan jalan. <p>Prinsip-prinsip kemudahan akses, kenyamanan dan keamanan menjadi prioritas utama perancangan sirkulasi dan parkir di KTAS.</p>

Komponen Penataan (Hamid Sirvani, 1985)	Faktor pertimbangan/ penentu	Elemen Perancangan	Prinsip-Prinsip Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai
Ruang terbuka (<i>Urban Open Space</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Kenyamanan Ketersediaan ruang Kelestarian SDA 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Plassa, play ground</i> Tata landscape Street furniture 	<ul style="list-style-type: none"> Perancangan ruang terbuka berupa <i>soft space</i> dilakukan pada zone atau daerah yang berbatasan langsung dengan tepi air sungai. Zona ini dapat difungsikan sebagai area rekreasi alami dengan dominasi perancangan ruang luar. <i>Plassa, play ground</i> dan fungsi pewadahan dengan tipologi <i>hard space</i> dirancang pada zona belakang garis sempadan TAS <i>Hard space</i> dirancang dengan material bukan kedap air untuk mengurangi aliran air permukaan (<i>run off</i>). Jenis vegetasi dalam tata landscape harus memperhatikan tipologi TAS untuk kepentingan konservasi SDA. Penanaman vegetasi di arahkan untuk upaya penyelamatan lingkungan dan elemen estetika lingkungan. Penyediaan <i>street furniture</i> (Lampu taman, tempat sampah, tempat telpon, papan tanda dan tempat istirahat/duduk) didisain dengan memperhatikan karakter lokalitas (ornamen, warna maupun disain).
Jalur pejalan kaki (<i>Pedestrian ways</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Kenyamanan terhadap jangkauan dan kemampuan pemakai, termasuk untuk kelompok Kemudahan akses, berjalan menyusuri daerah TAS, serta menghubungkan simpul2 ruang terbuka. 	<ul style="list-style-type: none"> Jalur pejalan kaki Tata <i>landscape</i> <i>Street furniture</i> Gardu pandang 	<ul style="list-style-type: none"> Perancangan jalur pejalan kaki maupun <i>jogging track</i> dapat dirancang sepanjang jalur jalan kendaraan maupun menyusuri tepian sungai, dengan tetap memperhantikan faktor kenyamanan dan keamanan pengguna. Disain jalur jalan harus rata (tanpa trap tangga) jika ada perbedaan ketinggian dibuat ramp. Sebagai fungsi pedestrian maka harus disediakan tempat-tempat duduk bagi pengguna pada setiap jarak tertentu. Disain tempat duduk dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas <i>gazebo</i> (gardu pandang), tempat sampah dan street furniture lain yang menjamin kenyamanan pengguna. Disain <i>pedestrian ways</i> harus mengakomodir pengguna yang memiliki keterbatasan fisik (<i>disable prson</i>).
Aktifitas penunjang (<i>Activity support</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Kenyamanan pengguna Kemudahan melakukan aktifitas 	<ul style="list-style-type: none"> Bangunan restoran/ rumah makan atau pertokoan Kios sovenir dan atau PKL 	<ul style="list-style-type: none"> Jika di KTAS di perlukan fasilitas atau bangunan restoran dan atau rumah makan, mka perancangannya harus dilengkapi dengan sarana utilitas yang memadai dan tidak memanfaatkan aliran sungai sebagai tempat pembuangan. Pembangunan fasilitas ini harus diluar garis sempadan sungai (lihat gambar 2). Kios sovenir dan PKL harus dibuat pada lokasi yang khusus dan letaknya di luar garis sempadan sungai.

Komponen Penataan (Hamid Sirvani, 1985)	Faktor pertimbangan/ penentu	Elemen Perancangan	Prinsip-Prinsip Perancangan Kawasan Tepi Air Sungai
Tanda-tanda (<i>Signage</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Kejelasan Informasi • Tata letak sesuai • Informatif 	<ul style="list-style-type: none"> • Papan penunjuk arah • Papan informasi • Tanda-tanda larangan • Peta lokasi • Peringatan bahaya 	<ul style="list-style-type: none"> • Elemen tanda dibuat sebagai elemen estetika, bukan sekedar papan tanda. • Disain tanda-tanda mengadopsi bentukan, elemen yang spesifik lokal seperti ornamen ataupun karakter spesifik lainnya. • Penempatan tanda-tanda harus dilakukan di tempat strategis dan informatif, jelas dan tidak membingungkan.
Preservasi dan konservasi (<i>Preservations and conservations</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Keselarasan dan keserasian disain • Kelestarian lingkungan • Kualitas visual lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan atau elemen buatan • Tata landscape 	<ul style="list-style-type: none"> • Disain bangunan dilakukan dengan tetap mengacu pada upaya kelestarian lingkungan fisik. Jika di KTAS terdapat bangunan yang memiliki nilai historis dan layak di konservasi maka bangunan tersebut harus diperhatikan keberadaannya. • Keselarasan bentuk bangunan harus memperhatikan potensi-potensi arsitektural lingkungan untuk menjaga karakter spesifik kawasan. • Keselarasan bangunan dengan lingkungan dilakukan dengan menjaga ketinggian bangunan (<i>skyline</i>) kawasan. Ketinggian bangunan yang diperkenankan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan (lihat gambar 2). • Untuk menjaga kelestarian lingkungan, pemilihan jenis vegetasi disesuaikan kondisi lingkungan setempat. Jenis tanaman harus memperhatikan potensi vegetasi lokal untuk mempertahankan karakter spesifik lingkungan KTAS.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Adams, D., 1994. *Urban Planning and the Development Process*. London: UCL Press Limited.
- Budihardjo, E., 1993, *Kota Berwawasan Lingkungan*, Bandung: Alumni.
- Dahuri, R, etall., 2001, *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Inoguchi, T, dkk, 2003, *Kota dan Lingkungan; Pendekatan Baru Masyarakat Berwawasan Ekologi*, Jakarta: LP3ES.
- Lang, R. (ed)., 1986, *Introduction in Integrated Approaches to Resources Planning and Management*, Canada: The University of Calgary Pres.
- Sastrawati, I., 2003, *Prinsip Perancangan Kawasan Tepi Air (Kasus: Kawasan Tanjung Bunga)*, dalam Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Volume 14 No. 3 Desember 2003, hal 95-117), Bandung: Planologi ITB.
- Shirvani, H., 1985. *The Urban Design Process*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Sumarwoto, O., 1989, *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan* (cetakan keempat), Jakarta: Djambatan.
- Wibawa, S., 1991, *Pembangunan Berkelanjutan: Konsep dan kasus*, Yogyakarta: PT Tiara Wacana Yogya.
- Wikantiyoso, R., 2004, *Paradigma Perencanaan dan Perancangan Kota*, Malang: GKAK.
- Wikantiyoso, R., 2004, *Pengelolaan Kawasan Pesisir Secara Berkelanjutan (suatu telaah terhadap pendekatan ekologis dan partisipasi masyarakat)*, dalam Jurnal Diagonal Terakreditasi Volume: 5 Nomor 1/Februari 2004, Malang: Fakultas Teknik Unmer Malang.
- Wrenn, D.M., dkk., 1983, *Urban Waterfront Development*, Washington DC: ULI.
- Zahn, M., 1999, *Perancangan kota secara terpadu; Teori perancangan kota dan penerapannya*, Yogyakarta: Kanisius.

Peraturan Perundangan:

- Keputusan Presiden RI No. 32 tahun 1990 tentang *Pengelolaan Kawasan Lindung*.
- Peraturan Pemeintah RI no 47 tahun 1997 tentang *Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.63/PRT/1993 tentang *Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai*.
- Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum RI tahun 2000, *Petunjuk Teknis Penataan Bangunan dan Lingkungan di Kawasan Tepi Air*.

URBAN DESIGN APPROACH TOWARDS AN ATTEMPT TO INCREASE THE ENVIRONMENTAL QUALITY

Case Study: Malioboro District, Yogyakarta

Catharina Dwi Astuti Depari¹⁾
Universitas Atma Jaya Yogyakarta¹⁾
E-mail : catharina2bfree@yahoo.com

ABSTRACT

The degradation of the environmental quality taken place particularly in the city core has resulted in a great impact to the living quality of its residents. When they find no guaranty to their health conditions or of being free from any stressfull situations, it is very logic to assume that their contributions to the city's economic growth will reduce gradually. One of the reasons causing the decreasing of the environmental quality is the gas pollutant emitted by the motorized vehicle, which is identified to have been increasing rapidly in its amount in these recent years. The fact evidences the community's dependence upon the private owned vehicles for the needs of transportation.

Yogyakarta's predicate as the tourism destination as well as the city of education has created a prediction that the city will soon suffer from a complex urban issues caused by massive newcomers activity. Facing the identical issues alike with those of any big cities, it is very important for Yogyakarta to look up their historic experiences and the solutions offered to overcome the environmental issues.

In nowadays city planning, urban design approaches are recognized as a promising method to create a friendly environment especially in the city core. The aim of the paper is to identify the urban design elements affecting the environmental quality and to define its approaches for offering the best solution which concerns on the local characteristics by taking a lesson from other countries experiences and related theories as the research tools.

Keywords: *the degradation of the environmental quality, the living quality, gas emmitant, the community's dependence upon the private owned vehicle, a friendly environment, urban design approaches, urban design elements.*

1. INTRODUCTION

The environmental issues the world must confront today are not the most recent concerns to discuss since the effects of the global warming resulted from human activities have been sensed amazingly. The fever of chasing the one and the only goal that so called an economy progress, has been widespreading throughout the world cities. The human activities through a massive physical development show how strong this kind of development is in creating an image of well-developed city or even more in attracting much investment. The city's goals to reduce poverty, to promote equality or to provide the job fields for the locals must be comprehended along with the necessity of improving its environmental quality.

As one of the capital city in Java, Yogyakarta must meet a bunch of consequences of opportunities and challenges. The growing number of students and tourists came has affected the growth in every development sectors whilst this also means a rapid increase of vehicular traffic volume. The gas pollutant emitted has reduced the environmental quality of the city, a manace not only to the physical health conditions of the local residents but also to their pyhsicological conditions. As the city core of Yogyakarta, Malioboro District must confront to the worst impacts caused by this increasing traffic congestion, particularly concentrated on its main corridors. Alike with the issues occured in many big cities, one of the environmental problems usually associated with the city core is air pollution. According to

emission audit conducted by ICLEI in 2001 (Promoting Livable City, 2000), the second place contributor of CO₂ emission in Yogyakarta City is transportation. In order to improve the air quality, some programs have been implemented by Yogyakarta Government through Malioboro Traffic Management and Pedestrianization Scheme. The Government project in providing a convenient mass transportation system through Trans Yogyakarta also shows the effort to minimize the people's dependence upon private owned motorized-vehicles. Lesser the dependency upon the motorized vehicles the more an improved environmental quality could be created.

The paper is not trying to answer why the implemented programs are not entirely successful nor to stress out that urban design is a single solution over the issues, but rather to introduce the urban design approaches for offering the best solution by taking a lesson from other cities experiences and related theories as the research tools.

2. URBAN DESIGN THEORIES

According to Lang (Urban Design: The American Experience 1994), urban design is concerned fundamentally with enhancing the quality of human lives, so it must be concerned with the qualities of human environment and its nature as the basis for decision making. As the urban design concern is with the everyday environment of people, an ecological approach is theoretically perceived. Some of the urban design theories found today are mainly constructed on the basis of having a lesson learnt from Modern Movement's experiences in 1980s. Lang had described the failures of the Architects those days to respond to the human needs context, the evidences of their fragmental design ideology. One of the situations represented Modern Movement era is related to great people's dependence upon private owned automobile which resulted in creation of an uncomfot and unsecure livelihood as what Yogyakarta now is confronting. The roads, the streetcar and the automobile very much dictated the variety of urban forms.

The theories described on this paper are selected on the basis of the environmental issue occurred in Yogyakarta's city core, Malioboro District, relating to the degradation of the environmental quality particularly the air quality, caused by the traffic congestion within. Therefore, these theories would help to figure out the best urban design strategies should be implemented in the subject area.

Fundamental Considerations in City Design

It has been argued that the major factor in reducing the automobile dependency is not new technology but new urban forms. The argument is that cities need to be reurbanized. The linkage requirements between different modes of transportation and the physical characteristics of each mode-the nature of the vehicles, the right of ways requirements and terminal facilities and the relationship of these modes to the basic pedestrian network have been the subject of considerable urban design exploration both in the heart of the cities and in suburban areas.

Jon Lang (Urban Design: American Experience, 1994) has described some basic needs to be considered to promote a less dependent city upon private owned vehicles. The integration of land uses, building types and transportation modes is a prime consideration in new town design as an all-of-a-piece design. Based on the twentieth century experience of American city, the automobile is increasingly the vehicle used for most trips for the local in its city core. There should be provided a variety of types of mass transit systems, each with its own technical requirements for its channels of movement. Lang says that the nature of the stops and their frequency may result in nodes of activity if integrated with other movement links. Where stops are infrequent, modes of development are likely to occur.



Figure 1. The Movement Framework Illustrating the Route Network

According to Urban Design Compendium (English Partnership, 2000), the key points should be considered for creating a successful movement framework are by providing the maximum choice for how people will make their journey, taking full account of the kinds of movement so a development will generate, and making a clear connections to existing routes and facilities.

A Sustainable City Design

As described in “Making Better Places Urban Design Now” (Joint Centre for Urban Design, 1993), sustainability is about structuring city form so that individual has choices and empower the community to determine the outcome of their daily activities. Combining urbanism and nature is an enormous challenge but fundamental to a true sustainability. David Engwicht asserts that for a sustainable environment, an urban designer should maximize this exchange whilst minimizing the travel necessary to do it. All this implies as much variety of activity as possible easily available within a reasonable walking distance of where people live and work. It is the key quality in urban expansion and it is in abundance in a traditional city; the quality of permeability, the extent to which the street system is connected, integrated and intelligible.

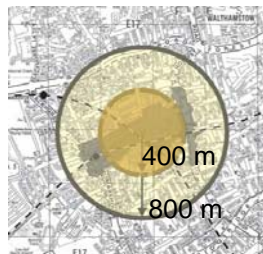


Figure 2. Defining the Walkable Catchment Area to Local Facilities

Some conclusions are sum up on the book by Joint Centre for Urban Design (1993) related to the efforts to create a sustainable city which are:

1. Pedestrian Proximity
 - Some centrality along the global connectors will be a necessary focus for the initial public and commercial buildings associated with all forms of public transit.
 - As much variety as possible will then be targeted within an approximate 400 metre radius of the initial focal place.
 - The existing landscape will influence where focal places and the consequent districts will settle and connect as well as influencing the location of major public spaces.
2. The Structure of Open Spaces
 - In addition to fine grain of public streets a range of open spaces will be needed
 - In principle the pedestrian oriented 400 m radii should have major open spaces to their periphery for at least one quadrant of the circle to minimize the isolation from other development.
3. The Mixing Uses

- A pre-requisite is that the global connectors are frontage streets with a strong emphasis on the public interface, wide pavement and street trees.
- Locating the mixed use along the main streets and the local streets in a reasonable walking distance which will promote a sustainable city design.

Street as Framework of Public Open Space

Based on Barnett's opinion (An Introduction to Urban Design, 1981), street is understood as the only constant factor in cities where development takes place in an incremental manner in response to a private real estate market. Many things can be done to improve the environment in the city core including the street itself. The creation of pedestrian mall, meaning that the street morphology serves only to the activity of pedestrians, and of the transportation system will be a good strategy in enhancing the environmental quality within the city core. The idea of pedestrian district for a central shopping area has now become something of an urban design commonplace.

Furthermore, Southworth and Joseph (Streets and The Shaping of Towns and Cities, 1997) describe that there would be possible to design new districts and to retrofit old ones to offer the best of the street users by creating the interconnected pedestrian network and the limited access vehicular system as shown at Figure 3.

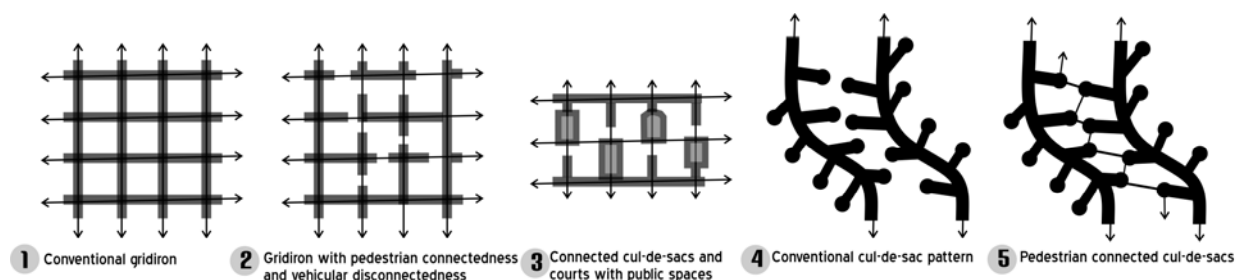


Figure 3. Pedestrian and Vehicular Network by Southworth and Joseph

3. RESEARCH METHODOLOGY

The study is based on the rationalism methodology as shown at figure 4.

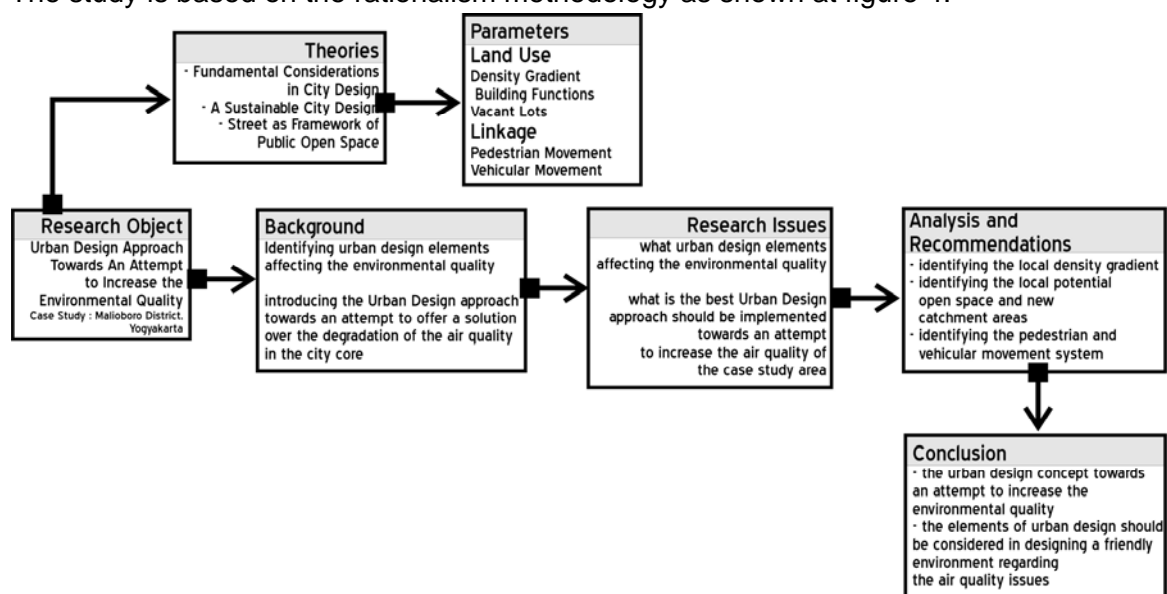


Figure 4. The Framework of the Study Based On the Rationalism Methodology

The research takes place in the city core of Yogyakarta based on an argument that this subject area represents most of environmental issues, particularly related to the air pollution which is mainly caused by vehicular traffic congestion occurred.



Figure 5. Case Study Area: Malioboro District and Its Physical Boundaries

Furthermore, the parameters identified and analyzed on this paper are:

- The urban design elements affecting the environmental quality particularly related to the degradation of the air quality
- The local potencies of Malioboro District in order to find the best urban design approach to be implemented.

4. ANALYSIS

The analysis conducted on this paper is primarily based on the observation towards Malioboro's urban morphology and public activity occurred. The density gradient of Malioboro shows that the inner core of every its sub districts mainly functions as residential uses whilst the commercial uses physically act as the street wall. This kind of urban configuration will create a high stress level to the residences in the inner cores. The pollution resulted from residential and commercial activities could reduce the environmental quality if there is no provision implemented.

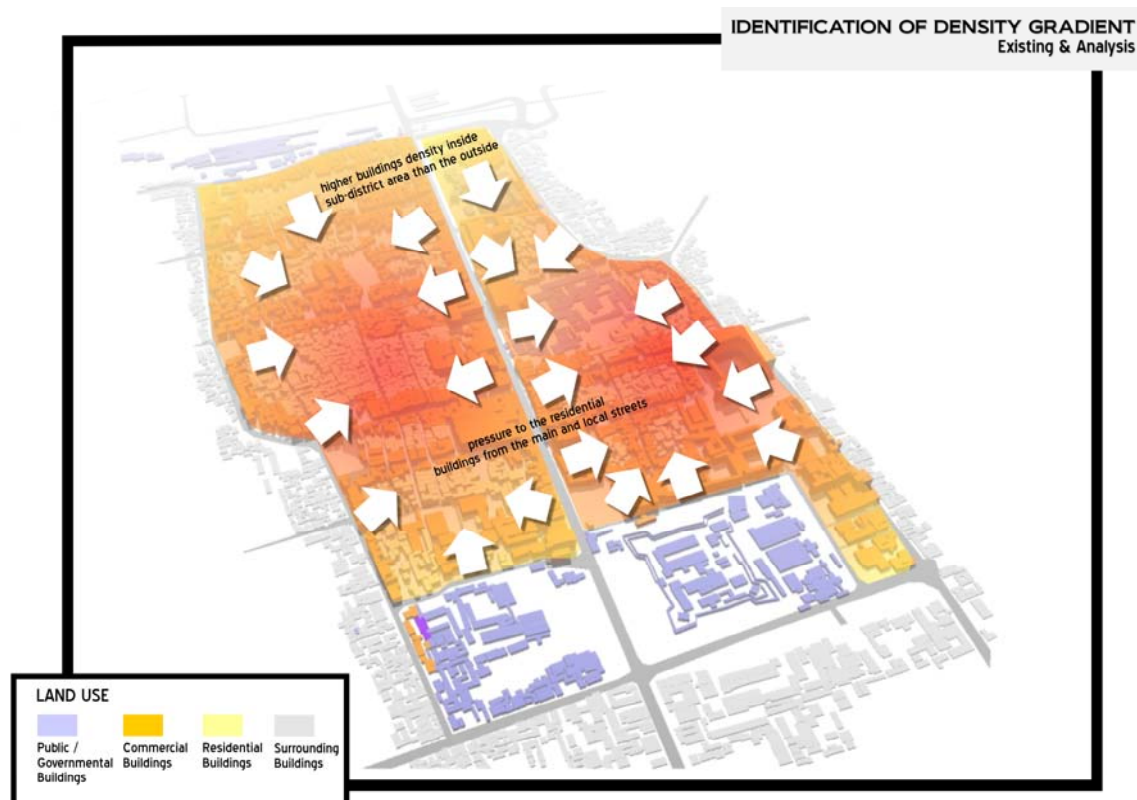


Figure 6. Density Gradient Analysis – Malioboro District

According to Barnett (An Introduction to Urban Design, 1981), an urban designer must primarily thinking how to design a city without designing buildings. It also means that the importance of retaining the remained local open spaces and designing a good system toward this element should be the main consideration for promoting a friendly environment. Malioboro District serves many functions as the commercial and business center, governmental center and residential district. The fact that Maliboro is welknown as the main tourism object in Yogyakarta has created a more complex environmental issues. Air pollution, noise, disposal wastes and visual pollution have proven a high concentration of various public activities.

Open spaces in Malioboro District have many forms and types which some of them have already been functioned as parking lots like Abu Bakar Ali and Senthir Parking Area. Besides designing these vacant lots as a parking lot or mixed use area, a consideration of transforming them into public parks where people could accommodate, is highly recommended. This design strategy will support the idea of designing Malioboro as a sustainable district where the environmental quality enhances. While retaining the potent vacant lots, a thinking of how to connect these vacant lots in a whole system should be followed.

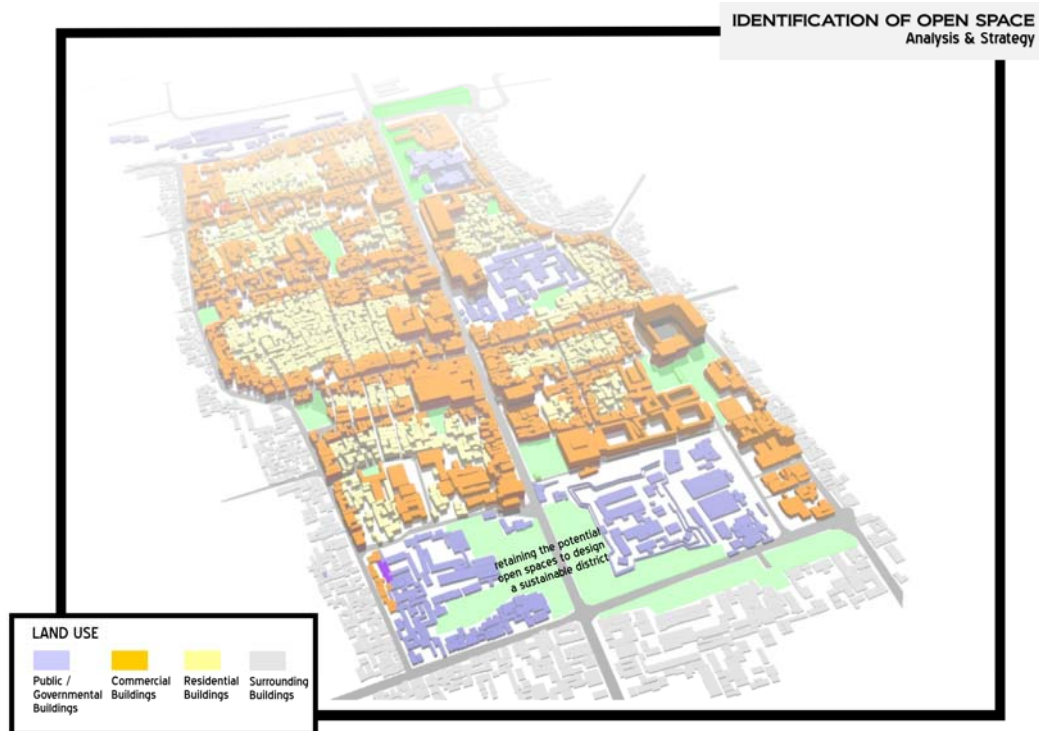


Figure 7. Open Space Analysis – Malioboro District

The identification of urban activity in case study area altogether with its distributions is shown at figure 8 below.

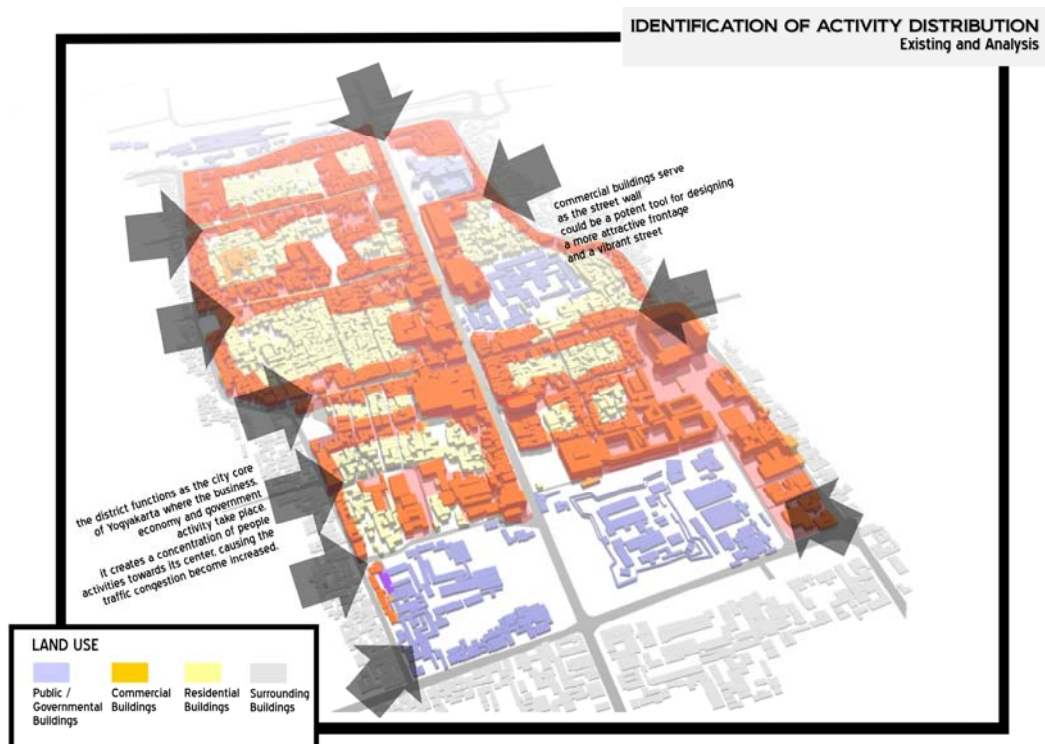


Figure 8. Urban Activity Distribution Analysis – Malioboro District

The strategic function and location of Malioboro District in Yogyakarta City has directed a massive public movement to this area. This fact relates to Malioboro's land use and building functions where the city activities mainly occurred. The strategy to overcome the problem is by distributing those massive activities from the inner core of Malioboro District to the other directions outside Malioboro through its main movement channels. New mixed use buildings or catchment areas should be placed along those channels to attract people and releasing them from being so dependent upon the facilities within Malioboro. This strategy will support an urban catalyst concept where the ribbon of new development along the streets is allowed. The strategy towards this concept can be seen at figure 9.

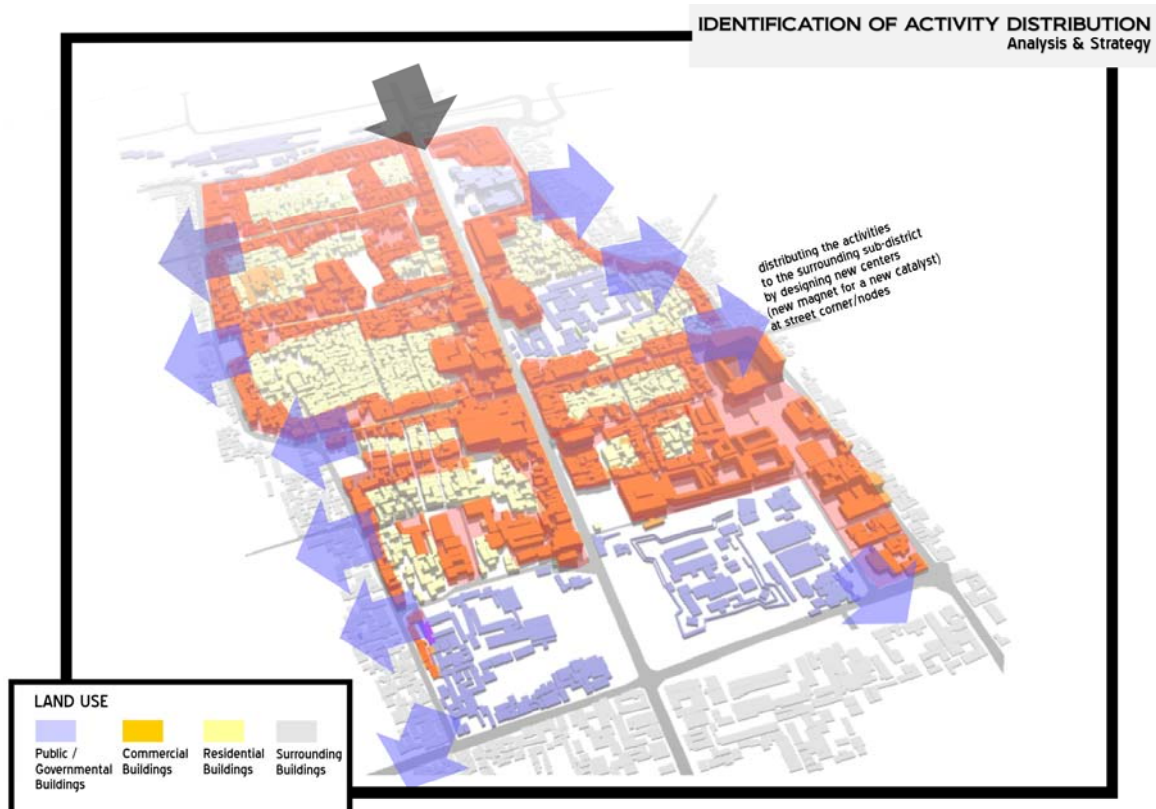


Figure 9. Urban Activity Distribution Strategy – Malioboro District

In order to design an ecological environment, the pedestrian and vehicular movement within Malioboro must be identified. It relates to the fact that the main contributor to the degradation of the air quality in Malioboro comes from the vehicular traffic activity. Changing the urban network morphology will result many consequences; the parking lots, potential vacant lots, the public transportation modes, the existing public movement, the walking distance radius of pedestrians to every catchment area, the connection among the local open spaces and places, are just some of the considerations should be careful thought of. There had been local off street parking system which mainly concentrates on Abu Bakar Ali, Senopati and Senthir parking areas. The massive public movement and parking activity on the local streets had created a negative impact to the local residents and the environmental quality.

The figure 10 shows how the existing public movement goes in one way direction along Malioboro corridor and along its collector streets. The public transportation system, Trans Yoga that goes along Malioboro corridor, seems happen to worsening the accessibility problem of vehicular traffic. The traffic delays caused by this event will increase the air pollution in this area.

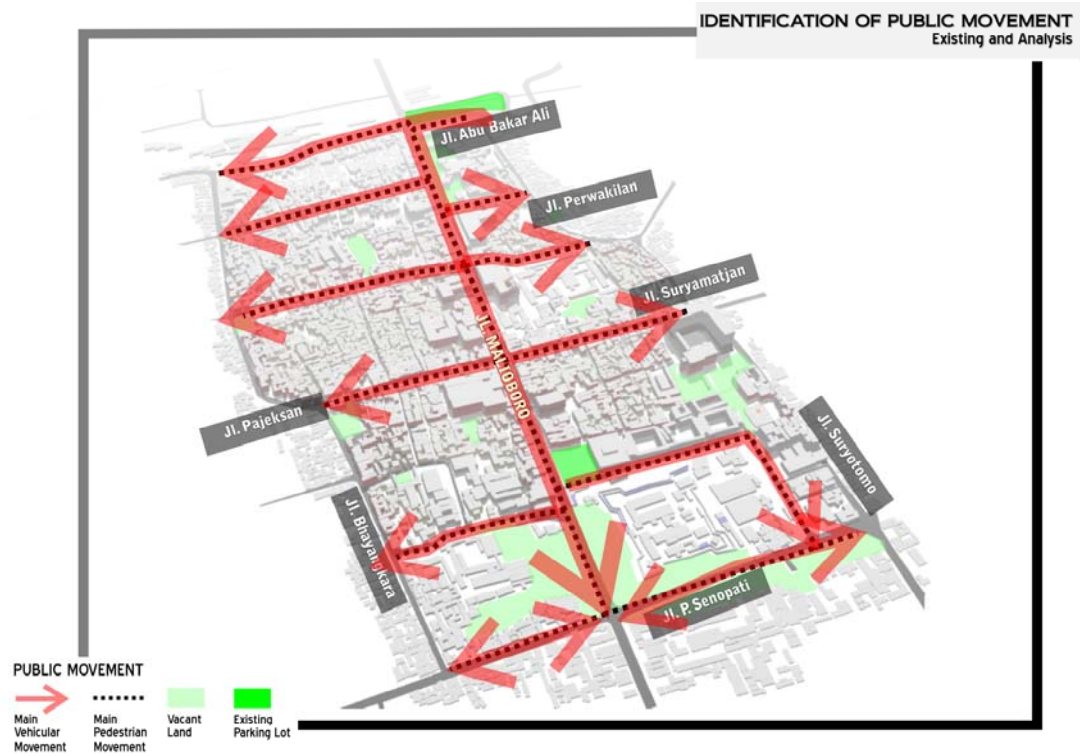


Figure 10. Public Movement Analysis – Malioboro District

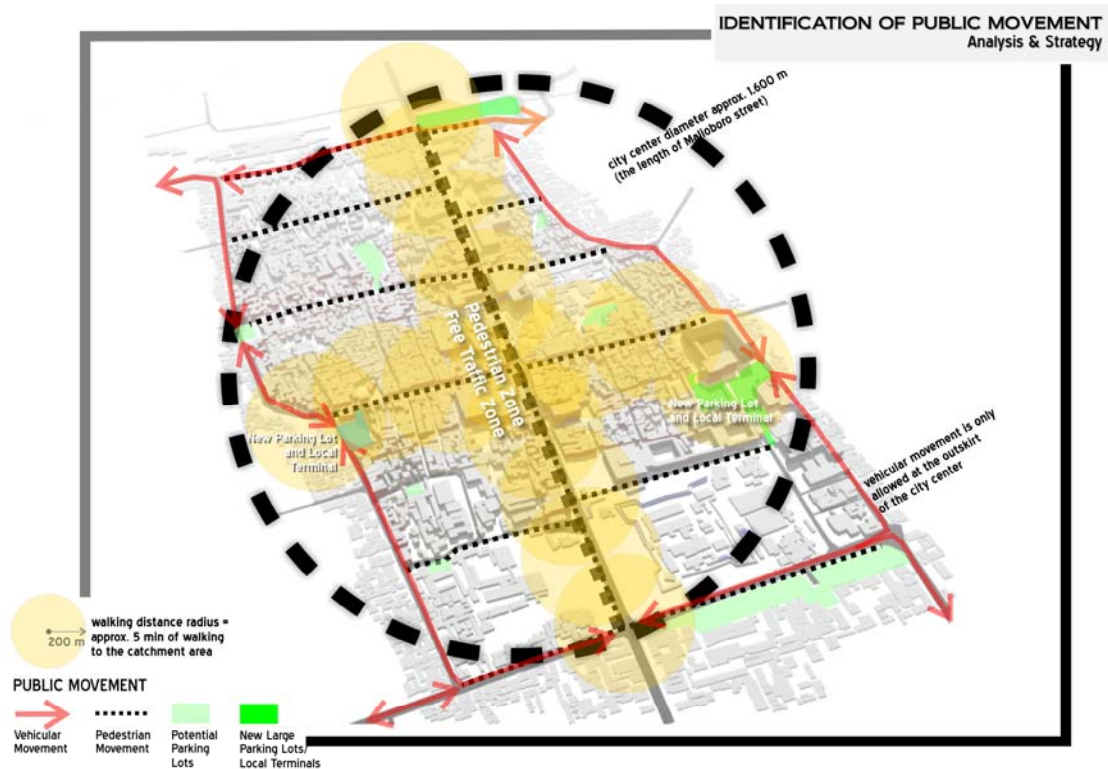


Figure 11. Public Movement Strategy – Malioboro District

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

Designing Malioboro by implementing an urban design approach needs many considerations, more over because the study relates not only to its morphology but also to the local activities. Regarding to the degradation of the environmental quality, some urban design concepts have already been introduced such as sustainable concept, compact city concept and so on. These concepts could only be well implemented if considerations among the urban design elements are analyzed theoretically.

The local open spaces identified in Malioboro District could be transformed into new functions, serving as a local terminal where the public transportation system (Trans Yogyakarta) could easily access, or as large parking lot to accommodate the people's needs or as a good refined mixed use area. These new facilities should be connected to each other directly and clearly, as well as to the surrounding residential. Pedestrians should be able to walk within a comfortable distance approximately 400 m to those facilities. A convenient journey must be achieved by designing a vibrant street through its buildings frontage and street furnitures. The movement of vehicular traffic is directed only to access the streets outside Malioboro District whilst the streets within Malioboro itself serve to the pedestrian's activity. Therefore, the pedestrianization scheme could be well implemented effectively and the degradation problems of environmental quality in Malioboro could be solved.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

A big gratitude I deliver primarily to God who allows me to finish the paper whilst high appreciations come for my mother and father whose prayers will truly inspire, colleagues/associates in UAJY for giving me the opportunity, UGM lecturers who enlight my understanding toward urban design, family and friends who always remain in my mind.

7. REFERENCES

- Barnett, J., 1982, *"An Introduction to Urban Design"*, New York: Harper & Row.
- Depari, C., 2007, Tugas Studio DKB I, Magister Desain Kawasan Binaan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hayward & McGlynn, 1993, *"Making Better Places Urban Design Now,"* London: Joint Centre for Urban Design.
- Lang, J.T., 1994, *"Urban Design: The American Experience"*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Llwyn and Davis, 2000, *"Urban Design Compendium"*, London: English Partnership and the Housing Corporation.
- Southworth & Joseph, 1997, *"Streets and The Shaping of Towns and Cities"*, New York: McGraw-Hill.
- Zudianto & Parikesit, 2000, *"Promoting Livable City : Integrating Local/Global Environmental Concerns and Local Development Challenges"*, D.I.Yogyakarta.

KAJIAN KONDISI IKLIM KOTA DAN BERBAGAI ASPEK LINGKUNGAN YANG MEMPENGARUHINYA

IDENTIFIKASI KENYAMANAN THERMAL WEBB PADA RUMAH TINGGAL DI TANAH LAHAN BASAH

Studi Kasus:
Rumah Tinggal di Komplek HKS Permai Kota Banjarmasin

Akbar Rahman
Staf Pengajar Program Studi Arsitektur
Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru
(e-mail: arzhi_teks@yahoo.co.id)

ABSTRACT

An experimental study has been the identification of Webb thermal comfort of living house at wetlands with the case study on housing HKS Permai, at Banjarmasin City. Living house as dwelling place needed temperature and comfort space on day and night. Excessive of Sun radiation intensity cause in door temperature and out door temperature of building interrelated with comfortable in living house. Verification of cause it done direct measurement sun radiation intensity, humidity, in door temperature, out door temperature and air movement for get value of Webb thermal comfort. The result was, out door humidity always higher better than in door humidity and different there is comfort level in door and out door of living house at wetlands of Webb thermal comfort.

Keyword: thermal comfort, living house, and wetlands.

1. PENDAHULUAN

Arsitektur adalah bagian dari hidup manusia dan merupakan ilmu yang menuntut kematangan jiwa yang maksimal karena mengungkapkan karya-karya seni, budaya, politik, psikologi, sosiologi, dan teknis dari suatu masyarakat dalam masa tertentu. Arsitektur juga merupakan ilmu terapan serta sebagai sarana untuk meningkatkan kesejahteraan manusia.

Berdasarkan geografisnya, Indonesia terletak di 6° LU sampai 11° LS, ini menyebabkan Indonesia dikelompokkan kedalam karakter iklim tropis lembab, dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi, temperatur udara yang relatif tinggi, kelembaban udara dan curah hujan yang juga tinggi, serta keadaan langit yang senantiasa berawan (Lippsmeier, 1994). Keadaan demikian selalu terjadi hampir sepanjang tahun dan berpengaruh pada lingkungan mikro. Menurut Satwiko, 2004 untuk mengendalikan laju peningkatan temperatur ada 3 (tiga) hal yang bisa diperhatikan yaitu durasi penyinaran matahari, intensitas radiasi matahari, dan sudut jatuh sinar matahari.

Rumah tinggal sebagai tempat hunian membutuhkan temperatur lingkungan dan ruang yang nyaman pada siang dan malam hari. Intensitas radiasi matahari yang berlebihan akan mempengaruhi temperatur udara di dalam (*in door*) dan luar (*out door*) bangunan. Maka berdasarkan kondisi tersebut diangkat sebuah penelitian untuk mengetahui, bagaimana tingkat kenyamanan *in door* dan *out door* bangunan dengan menggunakan interval kenyamanan Webb untuk di daerah katulistiwa, pada kondisi bangunan berada di daerah tanah lahan basah.

2. METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Kota Banjarmasin terletak di ujung selatan dan berada diantara $3^{\circ} 15'' - 3^{\circ} 22''$ LS dan diantara $114^{\circ} 32'' - 114^{\circ} 38''$ BT. Kota ini terhampar di dataran rendah dengan kondisi tanah lahan basah, yakni rata-rata 16 cm di bawah permukaan laut pada kondisi air surut. Dibelah oleh Sungai Martapura dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut Jawa., sehingga berpengaruh kepada drainase kota dan memberikan ciri khas tersendiri terhadap kehidupan masyarakat, terutama pemanfaatan sungai sebagai salah satu prasarana transportasi air, pariwisata, perikanan dan perdagangan.

Penelitian dilakukan di Kota Banjarmasin, dengan mengambil sampel rumah di Komplek HKS Permai, yang dijadikan tempat pengukuran langsung faktor-faktor kenyamanan thermal: intensitas radiasi matahari, kelembaban dan temperatur udara serta kecepatan rata-rata angin.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan kondisi rumah tanah lahan basah (pangung) yang diteliti

Metode Pengukuran

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan metode kualitatif yaitu dari data-data kuantitatif yang diperoleh dijabarkan menjadi bentuk grafik yang akan dikaji atau diperbandingkan tingkat kenyamanannya. Data-data kuantitatif melalui pengukuran langsung di lapangan pada tanggal 22 Juni 2009, meliputi pengukuran intensitas radiasi matahari, temperatur udara kering dan kelembaban udara serta kecepatan rata-rata angin. Data-data yang diperoleh tersebut, kemudian diolah untuk mengetahui nilai temperatur efektifnya, temperatur efektif merupakan fungsi temperatur kering dan kelembaban dengan mempertimbangkan aspek kecepatan angin sehingga lebih baik dalam menggambarkan tingkat kenyamanan. Untuk mendapatkan temperatur efektif dari data temperatur udara kering dan kelembaban digunakan diagram psikometri (Szokolay, 1980) untuk memperoleh temperatur

basah. Setelah data temperatur basah diperoleh kemudian dihubungkan dengan data temperatur kering yang sudah didapat sebelumnya, dengan memasukkan kecepatan angin rata-rata di dalam ruang 0-0,5 m/s dan kecepatan angin rata-rata di luar ruang 0,5-1,5 m/s maka akan didapat nilai kenyamanan thermal Webb.

3. PEMBAHASAN

Iklim Tropis Lembab dan Kenyamanan Thermal

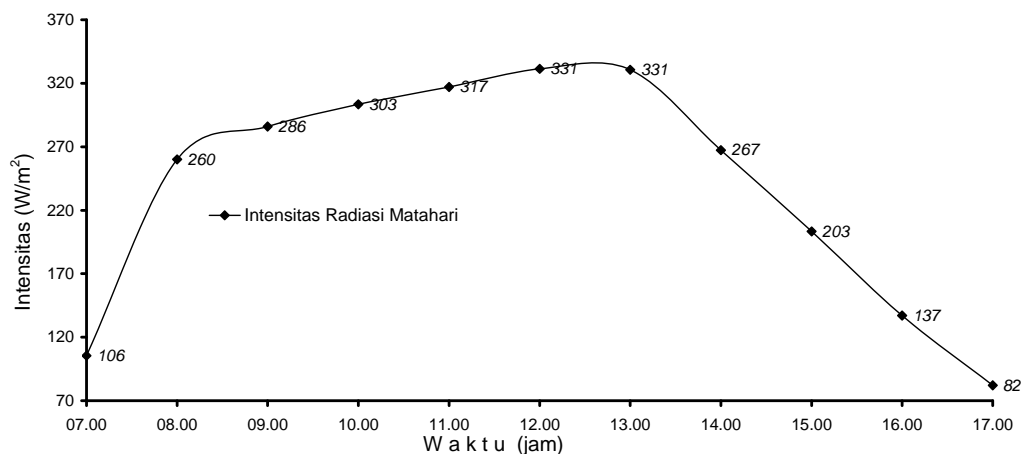
Letak geografis Kota Banjarmasin, termasuk daerah dengan karakter iklim tropis lembab. Faktor-faktor iklim tropis lembab yang mempengaruhi kenyamanan manusia menurut Satwiko, 2004 adalah intensitas radiasi matahari, pergerakan udara, temperatur udara dan kelembaban relatif. Kombinasi dari faktor-faktor ini akan menghasilkan suatu nilai kenyamanan.

Zona nyaman (*comfort zone*) menurut Webb dalam Lippsmeier, 1994 tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal, batas-batas kenyamanan untuk kondisi daerah khatulistiwa adalah dengan menggunakan nilai temperatur efektif, nilai temperatur efektifnya antara 25°TE - 27°TE . Penelitian Webb lebih mendekati kondisi geografis Kota Banjarmasin yang berada di sekitar garis katulistiwa yakni -3° terhadap garis equator, dengan demikian batas kenyamanan Webb akan dijadikan tolak ukur penelitian ini.

Rata-rata Hasil Pengukuran Elemen Thermal

a. Intensitas Radiasi Matahari

Berdasarkan hasil survey data yang telah diolah, intensitas radiasi matahari pada bulan Juni 2009 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik intensitas radiasi matahari bulan Juni 2009

Sumber: Hasil pengukuran peneliti

Intensitas radiasi matahari naik cepat dari jam 07.00-08.00, dengan nilai intensitas sebesar 106 W/m² pada jam 07.00 kemudian meningkat menjadi 262 W/m² pada jam 08.00. Selanjutnya naik lambat sampai puncaknya pada jam 12.30 dengan intensitas radiasi 332 W/m². Setelah mencapai puncak, intensitas radiasi matahari mulai turun sampai terbenam matahari dengan penurunan intensitas radiasi matahari rata-rata per jam 60 W/m². Pada jam 17.00 intensitas radiasi matahari tinggal 82 W/m² atau lebih rendah intensitasnya dibandingkan pada jam 07.00.

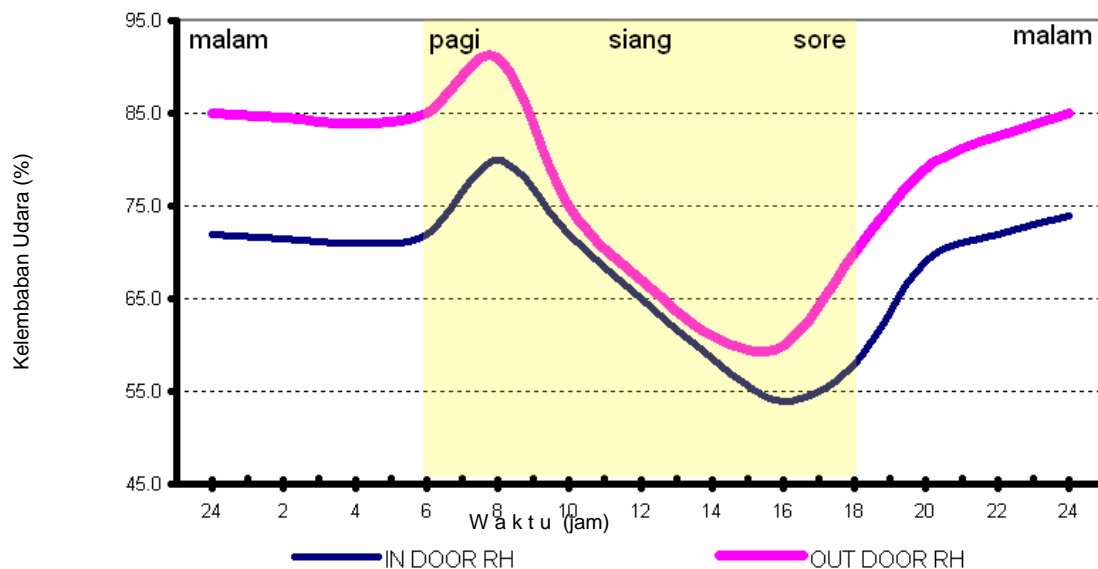
b. Kelembaban Udara di Dalam Ruang (*In Door*) dan di Luar (*Out Door*) Bangunan

Berdasarkan hasil survey data yang telah diolah, kelembaban udara *in door* dan *out door* rata-rata pada bulan Juni 2009 dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1: Hasil Pengukuran Rata-rata Kelembaban Udara *In Door* dan *Out Door*

JAM	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
IN DOOR RH (%)	72.0	71.5	71	72	80	72	65	58.5	54	58	69	72
OUT DOOR RH (%)	85	84.5	84	85	91	75	67	61	60	70	79	82.5
Δ RH (%)	13.0	13.0	13.0	13.0	11.0	3.0	2.0	2.5	6.0	12.0	10.0	10.5

Kelembaban udara *out door* selalu lebih tinggi dibandingkan kelembaban udara *in door* ini menunjukkan kondisi tanah lahan basah kelembaban udaranya relatif tinggi sepanjang hari. Pada siang hari kelembaban udara *out door* dan *in door* hampir berhimpitan namun kelembaban *out door* masih lebih tinggi dibandingkan *in door*.

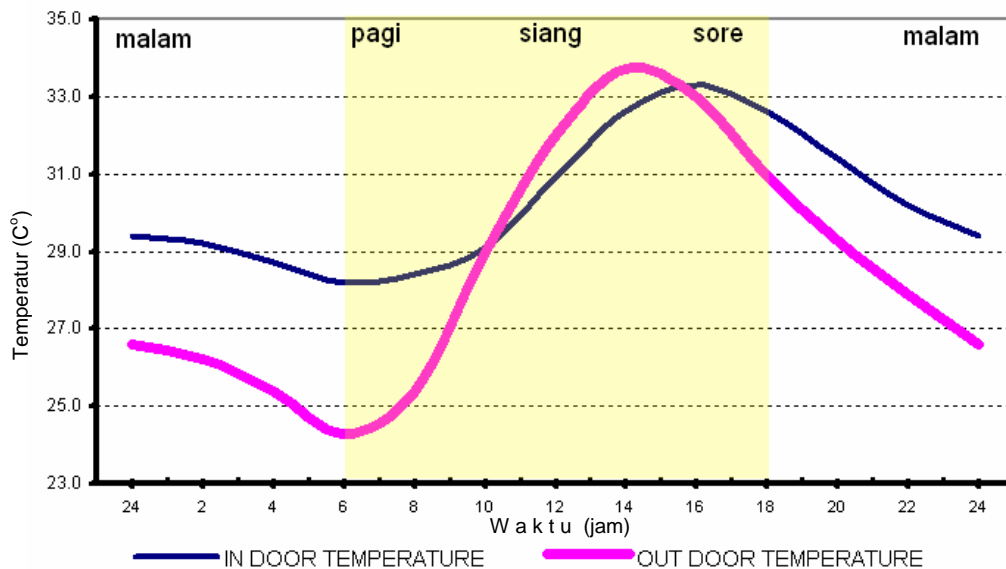


Gambar 3. Grafik Rata-rata kelembaban udara *in door* dan *out door*
Sumber: Hasil pengukuran peneliti

Dari pukul 06.00-08.00 kelembaban udara terus naik menuju puncaknya, dengan nilai tertinggi kelembaban udara *out door* dan *in door* terjadi pada pukul 08.00 berturut-turut 91% dan 80%. Kelembaban udara turun cepat mulai jam 08.00-10.00. Kemudian terus turun melambat sampai titik terendah pada jam 15.00 dengan kelembaban *out door* dan *in door* berturut-turut 60% dan 54%. Setelah mencapai titik terendah tersebut, kelembaban udara *out door* dan *in door* mulai naik mejadi 79% dan 69%, dan terus naik perlahan hingga sampai pukul 24.00, lalu kemudian pada kondisi hampir konstan dari jam 24.00-06.00, hingga kemudian mulai naik kembali dari pukul 06.00-08.00.

c. Temperatur Udara di Dalam Ruang (*In Door*) dan di Luar (*Out Door*) Bangunan

Berdasarkan hasil survey data yang telah diolah, temperatur udara *in door* dan *out door* pada bulan Juni 2009 dapat dilihat pada gambar 4.



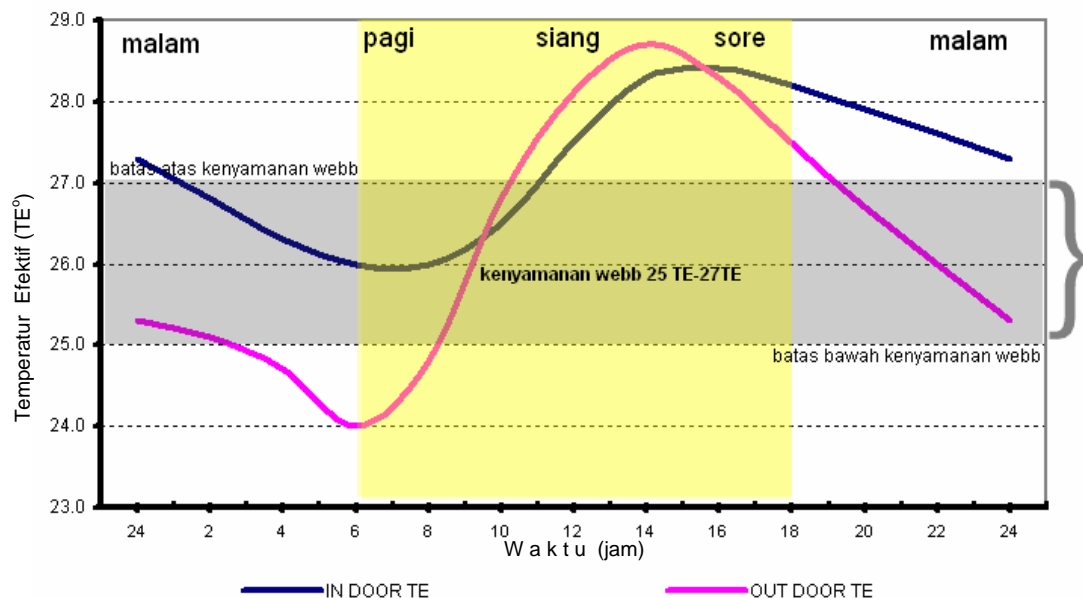
Gambar 4. Grafik Perbedaan Temperatur Udara *In door* dan *Out door*
Sumber: Hasil pengukuran peneliti

Temperatur udara kering *out door* pada pagi hari jauh lebih rendah nilainya dibandingkan temperatur *in door*, yaitu berturut pada pukul 06.00, 24.5 °C dan 27.8°C dan merupakan nilai terendah sepanjang hari. Laju peningkatan temperatur *out door* dari pukul 06.00 hingga sampai pada puncaknya pada pukul 14.00 cukup cepat, dengan rata-rata peningkatan temperatur per jam adalah 1,34 °C. Sedangkan temperatur *in door* naik lebih lambat dari pukul 06.00-16.00, dengan rata-rata peningkatan temperaturnya per jam adalah 0,6 °C. Jika dilihat grafiknya, temperatur *in door* membutuhkan waktu tunda (*delay time*), untuk mulai turun temperaturnya selama 2 jam setelah temperatur *out door* turun. Temperatur *in door* malam hari dari pukul 18.00-24.00 lebih tinggi temperaturnya di bandingkan temperatur pada pagi-siang hari (pukul 06.00-11.00).

d. Tingkat Kenyamanan Thermal Webb

Berdasarkan hasil olah data, temperatur efektif *in door* dan *out door* dapat dilihat pada gambar 5, data gambar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Temperatur efektif *out door* sangat ekstrim terjadi pada subuh hari, dimana melampaui batas bawah kenyamanan, ini menunjukkan tingkat dingin yang cukup tinggi, yang bisa menyebabkan tubuh manusia menggigil, terjadi dari pukul 03.00-08.00, dengan tingkat yang paling ekstrim bisa terjadi dari pukul 05.00-06.30. Setelah matahari terbit, temperatur efektif *out door*, meningkat cukup tinggi dari pukul 06.00-14.00, dari kondisi melampaui batas bawah, kemudian masuk ke zona nyaman Webb pada pukul 08.00-10.00, dan setelah pukul 10.00-14.00 kembali melampaui batas atas zona kenyamanan webb. Pada kondisi titik terpuncak pada pukul 14.00, hingga setelah matahari terbenam, kondisi temperatur efektif masih di luar batas atas kenyamanan Webb, kecuali setelah pukul 19.00-03.00, selalu berada di zona nyaman.



Gambar 5. Grafik Perbedaan Temperatur Efektif *In door* dan *Out door*
Sumber: Hasil pengukuran peneliti

Temperatur efektif *in door* tidak seperti temperatur *out door* yang bisa terjadi kondisi sangat ekstrim pada subuh hari, hal ini menunjukkan fungsi bangunan sebagai tempat berlindung sudah cukup efektif. Temperatur efektif *in door* sepanjang hari tidak pernah melampaui batas bawah kenyamanan Webb, dari pukul 02.00-11.00 temperatur efektif masuk ke zona nyaman, setelah itu selalu di luar batas atas zona kenyamanan webb, yakni dari pukul 11.00-02.00. Kondisi ini menyebabkan pada malam hari setelah matahari terbenam hingga tengah malam, kenyamanan thermal bangunan tidak cukup baik untuk beraktifitas, sehingga dibutuhkan penghawaan buatan, akibatnya dapat meningkatkan penggunaan energi tambahan di dalam rumah sehingga efisiensi energi semakin buruk.

Laju peningkatan temperatur efektif *in door* mengikuti cepatnya peningkatan intensitas radiasi matahari, adanya pematahan radiasi dibagian *out door* akan mempengaruhi tingkat kenyamanan di dalam ruang, sehingga pada kondisi malam hari temperatur efektif *in door* dapat kembali lebih cepat masuk kembali ke zona kenyamanan Webb. Temperatur efektif *in door* membutuhkan waktu tunda (*delay time*) sekitar 2 jam untuk kembali turun setelah temperatur efektif *out door* mulai turun dan kondisi ini menunjukkan temperatur efektif *out door* tidak membutuhkan *delay time* dengan intensitas radiasi matahari, karena mulai turun dari titik puncak hampir bersamaan. Kelembaban udara dan temperatur kering juga mempengaruhi nilai temperatur efektif, semakin tinggi temperatur kering dan semakin rendahnya nilai kelembaban menyebabkan kenaikan temperatur efektif naik melambat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, didapatkan beberapa kesimpulan tentang IDENTIFIKASI KENYAMANAN THERMAL WEBB DI RUMAH TINGGAL DI TANAH LAHAN BASAH, sebagai berikut:

- Kelembaban udara *out door* selalu lebih tinggi dibandingkan kelembaban udara *in door* ini menunjukkan kondisi tanah lahan basah kelembaban udaranya relatif tinggi sepanjang hari.
- Temperatur efektif *out door* ekstrim terjadi pada subuh hari, dimana melampaui batas bawah kenyamanan, ini menunjukkan tingkat dingin yang cukup tinggi, yang bisa menyebabkan tubuh manusia menggigil, terjadi dari pukul 05.00-06.30
- Temperatur efektif *out door* setelah mencapai titik puncak pada pukul 14.00, hingga setelah matahari terbenam, kondisi temperatur efektif masih di luar batas atas kenyamanan webb, kecuali setelah pukul 19.00-03.00, selalu berada di zona nyaman.
- Temperatur efektif *in door* tidak seperti temperatur *out door* yang bisa terjadi kondisi ekstrim pada subuh hari, hal ini menunjukkan fungsi bangunan sebagai tempat berlindung sudah cukup efektif untuk menghindari udara dingin.
- Temperatur efektif *in door* sepanjang hari tidak pernah melampaui batas bawah kenyamanan webb, dari pukul 02.00-11.00.
- Dari pukul 11.00-02.00 selalu melampaui tingkat kenyamanan Webb, kondisi ini menyebabkan pada malam hari hingga tengah malam, kenyamanan thermal bangunan tidak cukup baik untuk beraktifitas, sehingga dibutuhkan pengkondisian udara akibatnya efisiensi energi pada bangunan semakin buruk

5. DAFTAR PUSTAKA

Egan, M.D., 1975, *Concepts in Thermal Comfort*, New Jersey:

Kukreja c.p., 1978, *Tropical Architecture*, New Delhi: McGraw-Hill Publishing Company limited.

Lippsmeier, G., 1994, *Alih bahasa oleh Ir. Syahmir Nasution, Bangunan Tropis*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Satwiko, P., 2004, *Fisika Bangunan Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.

Szokolay, S.V., 1980, *Environmental Science Handbook*, London: The Construction Press.

PENGEMBANGAN ATAP ORGANIK TROPIS UNTUK MENGHEMAT ENERGI PENYEJUKAN UDARA DAN MENGHINDARI PEMANASAN LINGKUNGAN

A. Wibowo Nugroho Jati ^{1*}, Prasasto Satwiko ^{2*},
Ekawati Purwijantiningsih ^{1*}, dan Soesilo Boedi Leksono ^{2*}
Fakultas Teknobiologi ^{1*} dan Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur ^{2*}
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

ABSTRACT

Research on Developing Tropical Organic Roof to Reduce Cooling Energy and Avoid Environmental Warming, conducted at Thomas Aquinas campus, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, from June to October 2008, proves that Ficus pumila has the ability to reduce the temperatures of under and upper side of roof materials. Ficus pumila was directed to creep on five tiles made of clay, cement, steel, asbestos and bitumen. It creeps fastest on the cement tile but does not creep on the clay tile. The temperatures of the topside of cement tile without and with Ficus pumila are, respectively, 45.5°C and 43.6°C. The temperatures of the downside are, respectively, 43.7°C and 41.8°C. One layer leaves cover 80% of the area of the cement tile. The lower temperature of roof's downside will reduce indoor air temperature and AC cooling energy. Meanwhile, the lower temperature of roof's topside will reduce the temperature of the environment

Key words: *Ficus pumila, Organic roof*

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah iklim tropis lembab yang sebenarnya tidak menguntungkan bagi tempat hidup. Suhu udara yang relatif tinggi (26-32°C), kelembaban udara tinggi (60-95%), dan kecepatan angin yang rendah (<1m/s) menyebabkan kondisi atmosfer secara termal tidak nyaman hampir sepanjang tahun. Gejala umum akibat ketidaknyamanan termal tersebut adalah perasaan cepat lelah dan sulit berkonsentrasi yang mengakibatkan produktivitas kerja rendah. Perkotaan padat penuh permukaan buatan (jalan aspal, *con-block*, atap bangunan, dll) memiliki suhu udara lebih tinggi daripada di pedesaan yang penuh dengan permukaan hijau dan basah. Suhu tinggi diperkotaan ini dapat berlangsung hingga malam hari yang sering disebut sebagai *urban heat island* dan menyebabkan ketidaknyamanan pada malam hari (Satwiko, P., 2003 a).

Persaingan global telah menuntut orang Indonesia bekerja lebih produktif agar dapat bersaing. Untuk itu mengusahakan kondisi lingkungan kerja yang nyaman secara termal telah menjadi keharusan. Saat ini, pemecahan masalah yang dilakukan cenderung hanya secara parsial yaitu dengan memasang mesin penyejuk udara (*Air Conditioner*, AC) agar udara di dalam ruangan nyaman (24-26°C). Cara ini sepenuhnya

mengandalkan AC untuk membuang panas (kalor) dari dalam ke luar ruangan, tanpa memedulikan berapa panas yang harus dibuang (beban penyejukan / *cooling load*). Padahal, semakin banyak panas yang harus dibuang, semakin berat pula kerja AC, yang berakibat semakin boros pula energi yang dipakai oleh AC. Untuk kondisi perekonomian Indonesia saat ini, pemasangan AC tidak saja masih memerlukan modal besar untuk pemasangannya, namun juga memerlukan biaya besar untuk energi operasinya.

Di daerah tropis lembab, radiasi panas matahari yang sampai ke permukaan bumi mencapai 50%, dengan rata-rata 600 W/m^2 . Ketika mengenai permukaan benda, radiasi ini sebagian akan dipantulkan kembali dan sebagian akan diserap dengan proporsi tergantung dari warna dan jenis benda. Radiasi panas yang diserap akan menaikkan suhu benda dan akan dilepaskan kembali ke udara lingkungan sehingga menyebabkan suhu udara lingkungan naik (Satwiko, P., 2003 a).

Terdapat perbedaan mencolok antara perilaku benda mati dan hidup dalam menerima radiasi matahari. Benda-benda mati seperti aspal, *con-block*, genteng beton dan atap seng akan menyerap radiasi matahari dan menjadi panas. Sedangkan benda-benda hidup seperti tumbuhan akan menyerap radiasi panas matahari dan memakainya dalam proses fotosintesis menghasilkan O_2 . Hal ini menyebabkan permukaan daun tidak sepanas permukaan genteng walau memperoleh besar radiasi sama. Gejala fisika tadi telah berabad-abad dimanfaatkan dan diterapkan dalam arsitektur Eropa melalui atap yang sengaja ditanami tumbuhan (*green roofs* / atap hijau.) Bahkan, Taman Gantung Babilon juga dilandasi prinsip-prinsip atap hijau ini (Satwiko, P., 2003 b).

Peneliti tertarik memanfaatkan tanaman *Ficus pumila* untuk mengurangi suhu yang diakibatkan oleh radiasi panas yang dipancarkan sinar matahari yang dipantulkan oleh genteng. Kondisi lingkungan telah berubah, sekarang terjadi pemanasan suhu lingkungan, maka salah satu usulannya menutup permukaan yang tak ada tanamannya sebaiknya diusahakan ada tanaman yang dapat mengurangi suhu dan dapat menyegarkan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi penelitian

Waktu penelitian dilakukan mulai bulan Maret 2008 sampai Nopember 2008. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknobiolingu dan Kebun Percobaan Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan kimia yang digunakan analisis unsur hara makro dan mikro media tumbuh dan media rambat, tanaman *Ficus pumila*, genteng A: terbuat dari tanah liat, genteng B: terbuat dari campuran semen dan pasir, genteng C: terbuat dari seng dilapis pasir, genteng D: terbuat dari campuran semen dan serat benang dan genteng E: terbuat dari aspal dan pasir.

Alat yang digunakan AAS, spektrofotometer untuk pengukuran kandungan unsur-unsur hara yang ada di substrat *Ficus pumila* dan termohigro.

Cara Kerja:

1. Pengukuran Unsur Hara Makro dan Mikro total
2. Pengukuran Suhu Tanaman
3. Pengukuran Pola Pertumbuhan Tinggi, Cabang dan Luas Tanaman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman *Ficus pumila* merupakan tanaman rambat yang perakarannya di tanah sedangkan hidupnya merambat di dinding. *Ficus pumila* memiliki dua akar, yaitu akar utama yang tumbuh di tanah dan akar tambahan atau akar adventif yang berada pada pangkal batang berfungsi untuk merekat di dinding. Bentuk akarnya utama dan tambahan berbentuk serabut (Anonim, 2008).

Klasifikasi *Ficus pumila* L.
Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Klass : Magnoliopsida
Bangsa : Rosales
Suku : Moraceae
Marga : Ficus
Jenis : *Ficus pumila* L.

Ficus pumila merupakan tanaman yang tersebar dari China selatan sampai ke Malaysia, merupakan tanaman memanjat pada dinding batu, pohon dan struktur lain. Tumbuh bagus pada daerah tropis. Perkembang biakannya melalui biji atau stek batang. Dalam perawatan *Ficus pumila* perlu melakukan propagasi bila tumbuhnya tidak teratur. Penyebarannya biji dilakukan oleh burung. Distribusi penyebarannya sampai ketinggian 3.900 ft (1,189 m dpl). Hama penyakitnya yang sering menyerang adalah kumbang, serangga, laba-laba, nematoda, thrips, jamur, bakteri, dan akar gada (Starr Forest *et al.*, 2003).

Hasil analisis kandungan unsur hara makro dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Unsur Hara Makro

Kode	Kadar air	N tot	P tot	K tot	Ca tot	Na tot	Mg tot	S tot
	%	%	ppm	%	%	%	%	%
Tanah	5,65	0,13	165,63	0,06	0,18	0,09	0,24	0,31
Genting A	0,63	0,04	82,88	0,07	0,17	0,07	0,13	0,60
Genting B	2,16	0,16	129,19	0,05	23,59	0,10	0,25	0,66
Genting C	0,71	0,07	555,33	0,45	0,83	1,15	3,52	0,71
Genting D	7,10	0,03	107,10	0,25	22,90	0,24	0,97	0,72
Genting E	2,93	0,68	12,72	0,01	3,35	0,06	0,10	1,86

Keterangan:

- Genting A : terbuat dari tanah liat
Genting B : terbuat dari campuran semen dan pasir
Genting C : terbuat dari seng dilapis pasir
Genting D : terbuat dari campuran semen dan serat benang
Genting E : terbuat dari aspal dan pasir

Kandungan unsur hara mikro dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Unsur Hara Mikro

Kode	Fe tot	Cu tot	Zn tot	Mn tot	Cl tot
	%	ppm	ppm	ppm	%
Tanah	0,25	36,30	76,85	449,83	0,94
Genting A	0,24	27,81	27,59	308,77	0,89
Genting B	0,20	16,77	20,88	592,07	1,82
Genting C	0,25	48,86	349,72	444,09	0,48
Genting D	0,74	84,23	182,66	6,13	1,79
Genting E	0,16	24,74	14,24	140,71	0,92

Keterangan:

Genting A : terbuat dari tanah liat

Genting B : terbuat dari campuran semen dan pasir

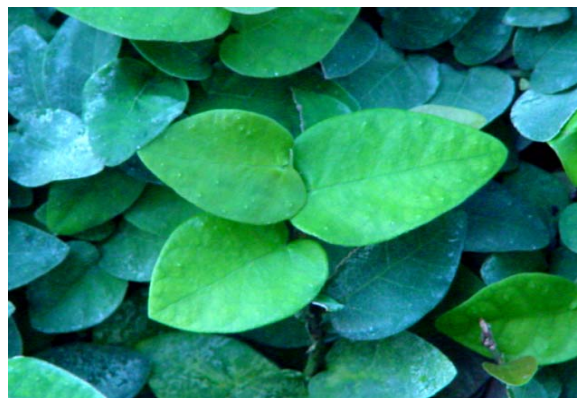
Genting C : terbuat dari seng dilapis pasir

Genting D : terbuat dari campuran semen dan serat benang

Genting E : terbuat dari aspal dan pasir

Kadar air tanah sebesar 5,65 % lebih besar dari kadar air genting A: 0,63 %, genting B: 2,16 %, genting C: 0,71 % dan genting E: 2,93 %, tetapi lebih rendah bila dibandingkan kadar air genting D: 7,10 %. Bahan baku genting D terbuat dari bahan semen dan serat-serat benang yang dapat mengikat air lebih lama dibandingkan tanah yang berpasir.

Kandungan Nitrogen total tanah sebesar 0,13 % memenuhi kebutuhan hidup *Ficus pumila*, masih ditambah lagi kandungan nitrogen total dari genting. Kekurangan unsur Nitrogen total dapat diambil dari kandungan yang tersedia di genting oleh akar adventif. Kegunaan unsur nitrogen tanah akan memacu pertumbuhan tanaman secara umum, terutama pada fase vegetatif, berperan dalam pembentukan klorofil, asam amino, lemak, enzim dan persenyawaan lain. Gejala kekurangan unsur nitrogen tidak diperlihatkan tanaman uji *Ficus pumila*, lihat Gambar 1.



Gambar 1. *Ficus pumila*
Doc. Wisnu T Widayat 2008

Kandungan pospor (P) total tanah sebesar 165,63 ppm memenuhi kebutuhan hidup *Ficus pumila*. Kandungan pospor total di genting C tersedia melebihi yang ada di tanah, yaitu sebesar 555,33 ppm. Kebutuhan pospor terpenuhi, maka bagi *Ficus pumila* akan

tumbuh bagus. Manfaat pospor membentuk pertumbuhan dan perkembangan akar, mempercepat pembungaan dan pembuahan tanaman, serta mempercepat pemasakan biji.

Kandungan potasium (K) total di tanah sebesar 0,06 % sedangkan yang tertinggi terdapat di genting B. Tersedianya kandungan potasium di tanah akan berguna bagi *Ficus pumila* dalam membantu pembentukan protein, karbohidrat dan gula. Potasium berfungsi memperkuat jaringan tanaman, serta meningkatkan daya tahan terhadap penyakit.

Kandungan kalsium (Ca) total tanah sebesar 0,18 % sedangkan yang tertinggi terdapat di genting B sebesar 23,59 %. Kebutuhan kalsium tanah terpenuhi sehingga perkembangan daun baik, tidak dijumpai klorosis pada tepi daun. Fungsi kalsium untuk tumbuhan untuk mengaktifkan pembentukan bulu-bulu akar dan biji serta menguatkan batang.

Kandungan natrium (Na) total tanah sebesar 0,09 % sedangkan yang tertinggi terdapat di genting D sebesar 0,24 %. Unsur hara natrium dapat memperbaiki pertumbuhan, bila tanaman menunjukkan kekurangan kalium.

Kandungan magnesium (Mg) total tanah sebesar 0,24 % sedangkan yang tertinggi terdapat di genting D sebesar 0,97 %. Kebutuhan magnesium terpenuhi di tanah, manfaat magnesium untuk membantu pembentukan klorofil, asam amino, vitamin, lemak, gula dan berperan dalam transportasi fosfat dalam tanaman. Gejala klorosis, menguning dan bercak coklat hingga akhirnya rontok tidak ditemukan dalam penelitian.

Kandungan unsur belerang (S) tanah total sebesar 0,31 % sedangkan yang tertinggi terdapat pada genting D sebesar 0,72 %. Kandungan belerang tanah terpenuhi dan tidak ditemukan dalam tanaman uji, daun tua berwarna hijau kekuningan. Kekurangan belerang pada tanaman tumbuhnya kerdil, batang pendek dan kurus. Manfaat unsur belerang membantu pembentukan asam amino, protein, vitamin dan membantu pembentukan bintil akar dan pertumbuhan tunas baru.

Kandungan besi (Fe) total tanah sebesar 0,25 % sedangkan yang tertinggi berada di genting D sebesar 0,74 %. Manfaat besi dalam tanaman berperan pada proses fisiologi tanaman, seperti proses pernafasan, pembentukan klorofil dan fotosintesa. Gejala kekurangan unsur mikro besi tidak ditemukan dalam penelitian ini. Kekurangan besi akan terlihat daun muda berwarna putih pucat kemudian kekuningan dan akhirnya rontok dan tanaman lama kelamaan mati.

Kandungan tembaga (Cu) total tanah sebesar 36,30 ppm sedangkan yang tertinggi berada di genting D sebesar 84,23 ppm. Kebutuhan tembaga di tanah sudah terpenuhi, terbukti dari tidak ada daun muda yang berwarna kuning layu dan tidak berkembang, pertumbuhan tanaman terhambat secara keseluruhan. Kegunaan unsur tembaga dalam tanaman untuk membantu pembentukan klorofil dan sebagai komponen dalam pembentukan enzim tanaman.

Kandungan seng (Zn) total tanah sebesar 76,85 ppm sedangkan yang tertinggi berada di genting C sebesar 349,72 ppm. Kebutuhan seng di tanah sudah terpenuhi,

terbukti tidak ada daun yang berkuning pucat atau kemerahan, muncul bercak putih di permukaan daun hingga akhirnya mengering, berlubang dan mati. Perkembangan akar tidak sempurna sehingga pendek dan tidak subur. Fungsi unsur seng dalam tanaman membantu pembentukan auksin, klorofil dan karbohidrat.

Kandungan mangan (Mn) total tanah sebesar 449,83 ppm sedangkan yang tertinggi berada di genting B sebesar 592,07 ppm. Kandungan mangan di tanah sudah terpenuhi karena pada tanaman tidak ditemukan pertumbuhan tanaman yang kerdil, daun berwarna kekuningan atau merah, sering rontok dan pembentukan biji tidak sempurna. Kondisi ini tidak ditemukan dalam tanaman percobaan. Manfaat unsur mangan membantu proses fotosintesis dan berperan dalam pembentukan enzim tanaman.

Kandungan unsur Klor (Cl) total tanah sebesar 0,94 % sedangkan yang tertinggi terdapat pada genting B sebesar 1,82 %. Kandungan klor tanah sudah memenuhi untuk pertumbuhan tanaman *Ficus pumila*, terbukti tidak ditemukannya tanaman yang gampang layu, daun pucat, keriput, sebagian mengering, produktivitas tanaman rendah serta pemasakan buah lambat. Peran unsur klor untuk tanaman berperan dalam pembentukan hormon tanaman, meningkatkan atau memperbaiki kualitas dan kuantitas produksi tanaman.

Gambaran pola pertumbuhan tinggi tanaman, pola pertumbuhan cabang, pola pertumbuhan luas tanaman *Ficus pumila* dapat dilihat pada Lampiran 1, 2, 3 dan 5. Pola pertumbuhan tinggi tanaman *Ficus pumila* di genting A terlihat tumbuh tetapi akar adventifnya tidak mau menempel. Pola pertumbuhan rata-rata 2-3 cm per minggu. Tanaman *Ficus pumila* mulai tumbuh, tidak mau menempel genting, hanya menjulur dan tidak bercabang. Pola pertambahan luas daun sebesar 9 cm² per minggu.

Pola pertumbuhan tinggi tanaman *Ficus pumila* di genting B terlihat tumbuh subur, menempel dengan banyak percabangan dan cepat menutupi genting. Kecepatan tinggi tanaman pertumbuhannya 4-5 cm per minggu dan pola percabangannya muncul 3 cabang baru per minggu. Pola pertambahan luas daun sebesar 43,5 cm² per minggu.

Pola pertumbuhan tinggi tanaman *Ficus pumila* di genting C terlihat tumbuh tetapi pertumbuhannya lambat, menempel, tidak ditemukan bentuk percabangan. Kecepatan tinggi tanaman pertumbuhannya 2-3 cm per minggu. Pola pertambahan luas daun sebesar 11,3 cm² per minggu.

Pola pertumbuhan tinggi tanaman *Ficus pumila* di genting D terlihat tumbuh tetapi pertumbuhannya lambat, menempel, dan bercabang. Kecepatan tinggi tanaman pertumbuhannya 2-3 cm per minggu dan pola percabangannya muncul 2 cabang baru per minggu. Pola pertambahan luas daun sebesar 10,8 cm² per minggu.

Pola pertumbuhan tinggi tanaman *Ficus pumila* di genting E terlihat tumbuh subur, menempel dengan banyak percabangan dan cepat menutupi genting. Kecepatan tinggi tanaman pertumbuhannya 4-5 cm per minggu dan pola percabangannya muncul 2-3 cabang baru per minggu. Pola pertambahan luas daun sebesar 37,3 cm² per minggu.

Hasil pengukuran suhu ruangan dan genting yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* dan tidak, dapat dilihat pada Lampiran 4. Pada genting A tidak ditumbuhi dan ditempel *Ficus pumila* menunjukkan suhu dalam ruangan sebesar 43,8 °C dan suhu

genting sebesar 47,2 °C pada pengukuran siang hari, berkisar jam 12.00 sampai 12.15.

Pada genting B yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila*, suhu dalam ruangan 41,8 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu ruangan sebesar 43,7 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 1,9 °C. Sedangkan suhu atas genting yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu sebesar 43,6 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* suhu atas genting menunjukkan suhu sebesar 45,5 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 1,9 °C.

Pada genting C yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila*, suhu dalam ruangan 49,3 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu ruangan sebesar 51,3 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 2 °C. Sedangkan suhu atas genting yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu sebesar 54,2 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila*, suhu atas genting menunjukkan suhu sebesar 59 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 4,8 °C.

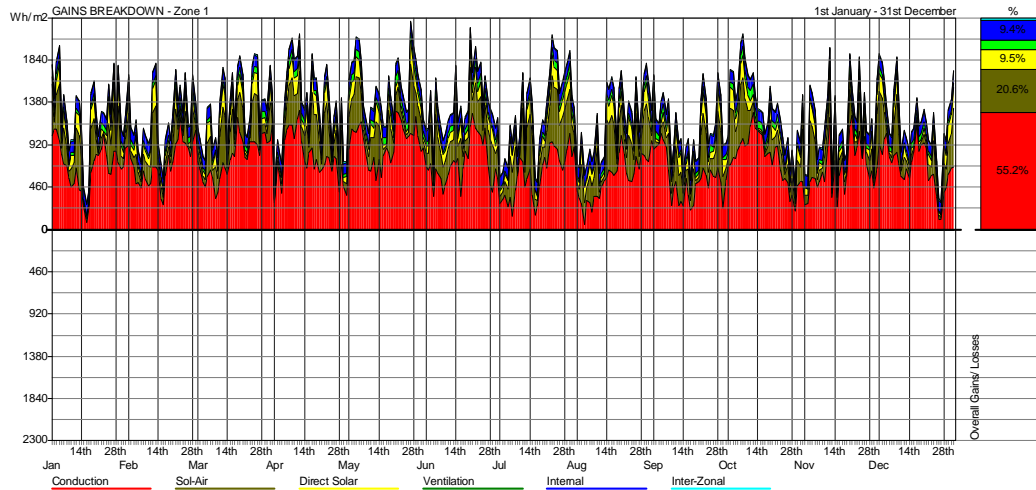
Pada genting D yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* suhu dalam ruangan 42,6 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu ruangan sebesar 45,7 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 3,1 °C. Sedangkan suhu atas genting yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu sebesar 47,7 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* suhu atas genting menunjukkan suhu sebesar 49,4 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 1,7 °C.

Pada genting E yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* suhu dalam ruangan 41,6 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu ruangan sebesar 46 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 4,4 °C. Sedangkan suhu atas genting yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* menunjukkan suhu sebesar 49,9 °C dan yang tidak ditumbuhi tanaman *Ficus pumila* suhu atas genting menunjukkan suhu sebesar 52,6 °C, berarti ada penurunan suhu sebesar 2,7 °C.

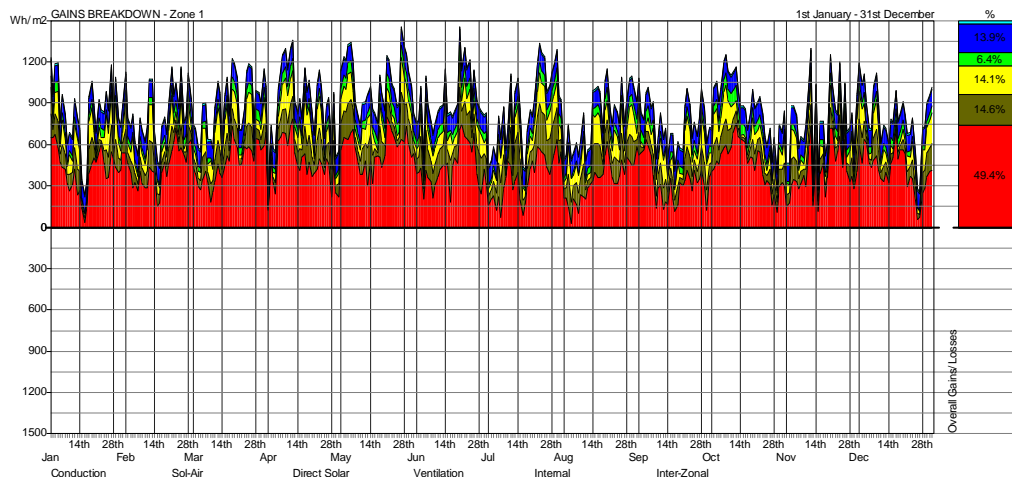
Hasil pengukuran menunjukkan berapa gejala sebagai berikut:

1. *Ficus pumila* secara konsisten menyebabkan suhu permukaan atas bahan genting turun, bervariasi 1,9 – 4,8 °C dibanding bila tanpa *Ficus pumila*. Penurunan ini disebabkan lapisan daun *Ficus pumila* yang langsung terkena radiasi matahari (bahan genting terlindungi). Suhu permukaan atas terendah terdapat pada genting B sebesar 43,6 °C, sedang tertinggi terdapat pada genting C 54,2 °C. Ini dapat dimengerti karena daun *Ficus pumila* tidak menutup bahan secara merata dan lebat, namun masih jarang-jarang dan hanya selapis. Bahan genting yang tidak tertutup daun dan terpapar radiasi panas matahari akan naik suhu lebih tinggi daripada daun. Pada umumnya daun akan mempertahankan suhunya pada 40 °C dengan mekanisme evapotranspirasi. Temuan ini menunjukkan bahwa suhu permukaan atap dapat diturunkan dengan *Ficus pumila* sehingga diharapkan suhu lingkungan juga dapat lebih rendah dibanding bila permukaan atap tanpa *Ficus pumila*.
2. *Ficus pumila* secara konsisten menurunkan suhu permukaan bawah bahan genting, bervariasi antara 1,9 – 4,4 °C dibanding bila tanpa *Ficus pumila*. Suhu permukaan bawah terendah terukur pada genting E: 41,6 °C dan tertinggi pada genting C: 49,3 °C. Permukaan bawah atap yang lebih rendah secara konvektif akan menyebabkan udara dalam ruang lebih rendah pula. Sedang secara radiatif, permukaan bawah

- atap yang rendah akan mengurangi pancaran panas ke tubuh penghuni. Jika udara dalam ruang lebih rendah, beban mesin penyejuk udara pun akan lebih ringan.
- Keberadaan *Ficus pumila* juga mengurangi konduktans (daya hantar panas bahan) sehingga lapisan genting dan daun lebih tinggi sifat isolator panasnya daripada tanpa daun akan menurunkan beban AC.



Gambar 2. Simulasi distribusi perolehan panas dalam ruang bila genting semen (B) tidak dilapisi *Ficus pumila*.



Gambar 3. Simulasi distribusi perolehan panas dalam ruang bila genting semen (B) dilapisi *Ficus pumila*. Terlihat daun *Ficus pumila* dapat menurunkan sumbangan panas konduksi (perambatan panas dari permukaan luar ke permukaan dalam) dan sol-air (beban panas tak langsung oleh radiasi matahari).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Media tumbuhnya adalah media tanah dan media rambat pada genteng yang paling cocok adalah jenis genteng B, yang terbuat dari campuran semen dan pasir
2. Pola pertumbuhan tinggi tanaman, pola percabangan dan kecepatan menutupi media genteng yang paling cepat dan lebat adalah jenis genteng B
3. Penurunan suhu yang paling baik terjadi pada genteng B dengan bahan dasar semen – pasir yang ditumbuhi tanaman *Ficus pumila*.
4. Keberadaan *Ficus pumila* mengurangi konduktans (daya hantar panas bahan), sehingga lapisan genteng dan daun lebih tinggi sifat isolator panasnya daripada tanpa daun

5. UCAPAN TERIMA KASIH

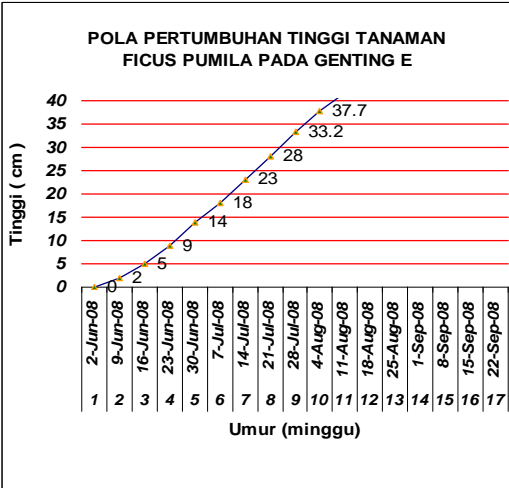
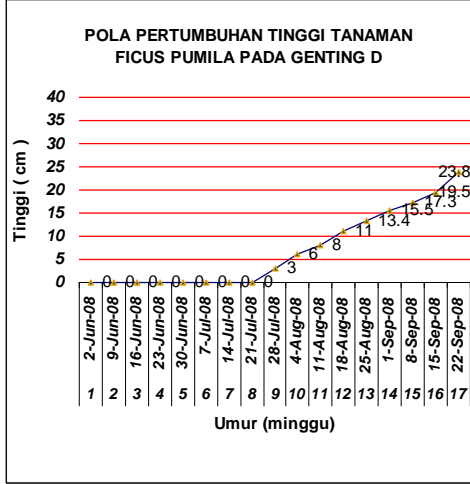
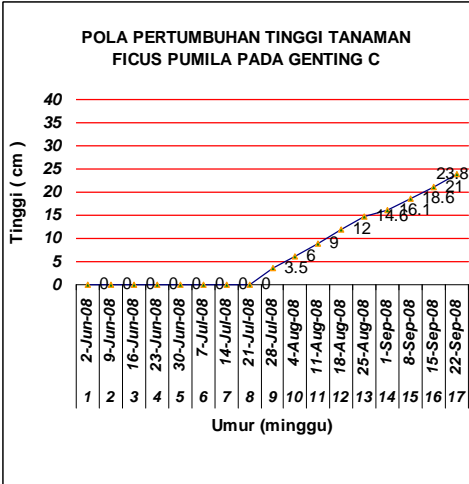
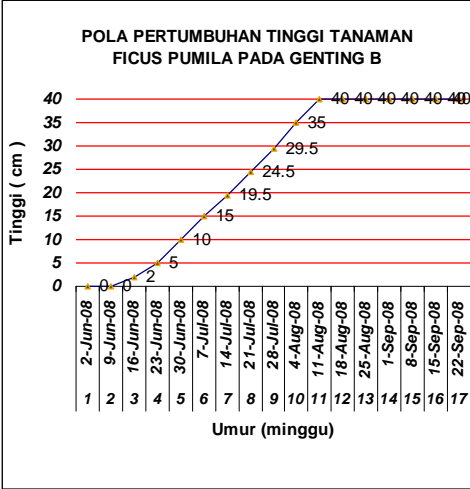
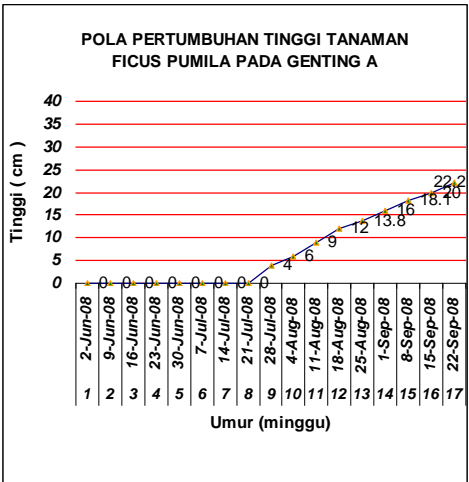
Ucapan terima kasih kepada DIKTI yang telah memberikan dana Hibah bersaing untuk menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

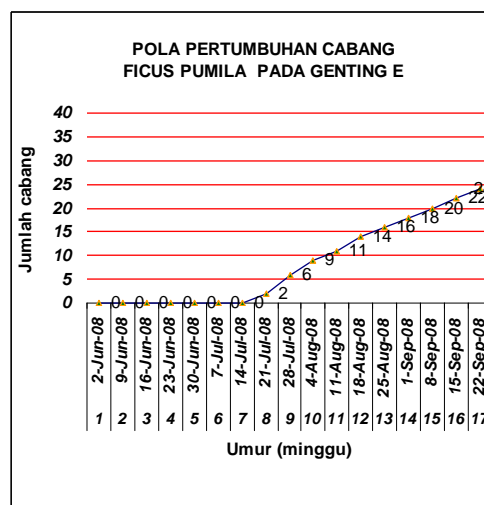
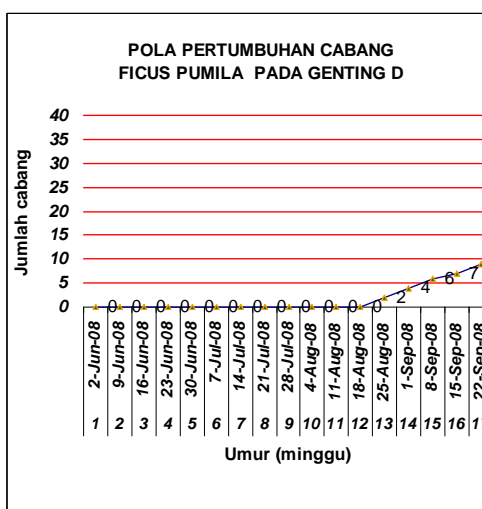
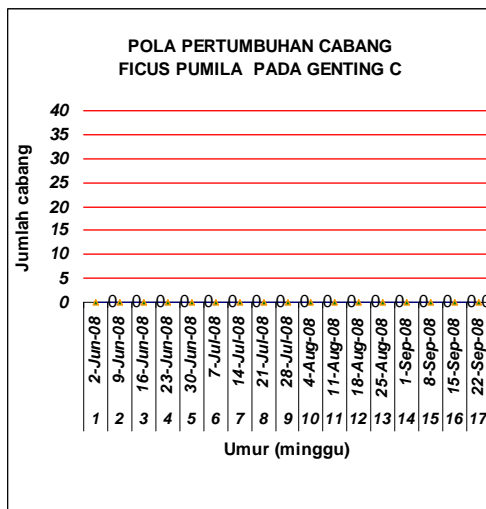
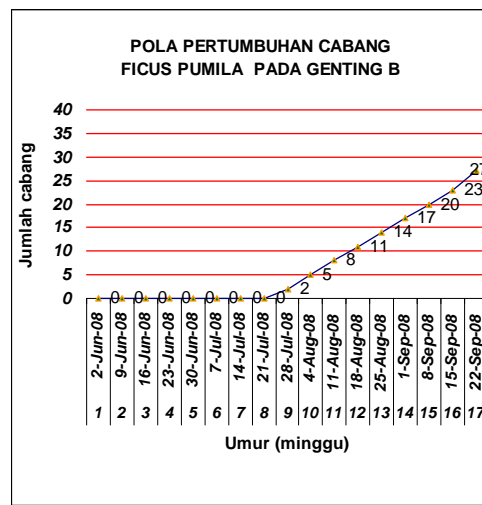
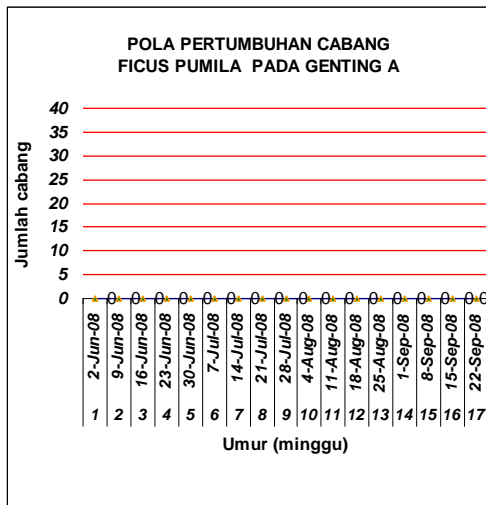
- Anonim, 2002, *Green Roof System*. BioCycle, Emmaus: Sep 2002, Vol.43. Iss. 9, pg. 72, 1 pgs.
- Gilman, Edward F., 1999, *Ficus Pumila*. Fact Sheet FPS-212, Environmental Horticulture Department, Florida, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Oct. 1999.
- Happe, Deb, 2005, *Green Roofs are Sprouting Up*, Journal of Soil and Water Conservation, Ankey: Sep/Oct 2005, Vol.60, Iss.5; 100A, 4 pgs.
- Mather, Drew, 2006, *Compost Utilization Goes Through the Roof*. Bio Cycle, Emmaus: Mar 2006, Vol.47, Iss.3; pg 37, 5 pgs.
- Perry, Michael D., 2003, *Green Roofs Offer Environmentally Friendly Alternative*. Plant Engineering, Barrington, Aug 2003, Vol.57.Iss.8, pg.54.
- Satwiko, Prasasto, 2003a, *How Our Buildings Heat Up Our Cities, A Phenomenon as Simulated by A CFD Program*, International Seminar on Sustainable Environmental Architecture IV by Trisakti University, Jakarta, October, 15-16, 2003, ISBN: 979-8398-66-1.
- Satwiko, Prasasto, 2003b, *Our Cities in Heat: A Phenomenon as Simulated by A CFD Program*, International Conference on Environment and Urban Management, Soegijopranoto, Semarang, August 1-2, 2003, ISBN: 979-8366-58-1.
- Sonne, Jeff, 2006, *Evaluating Green Roof Energy Performance*, ASHRAE Journal: Feb 2006, Vol.48, Iss. 2; pg. 59, 3 pgs.
- Anonim, 2008, <http://waynesword.palomar.edu/ecoph30.htm>

- Buckman, H. O., dan Brady, N. C., 1969, *The Nature and Propertis of Soil*. New York: The Macmillan Company.
- Davidson, 1983, *The Illustrated Directory of House Plants*, London: Tiger Books international.
- Gilman, Edward F., 1999, *Ficus pumila*. Fact Sheet FPS-212, Environmental Horticulture Department, Florida, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Starr, Forest, Starr, Kim and Loope, Lloyd, 2003, *Ficus pumila*, United States Geological Survey, Maui, Hawaii: Biological Resources Division Haleakala Field Station.

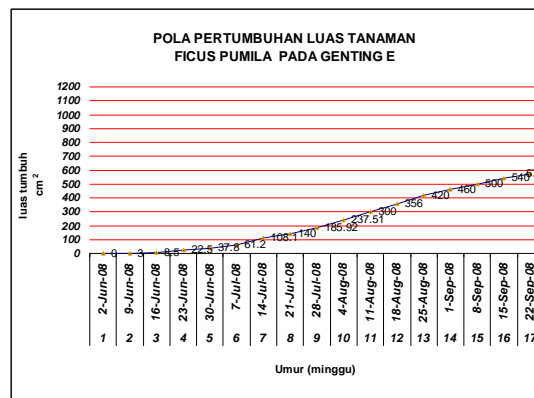
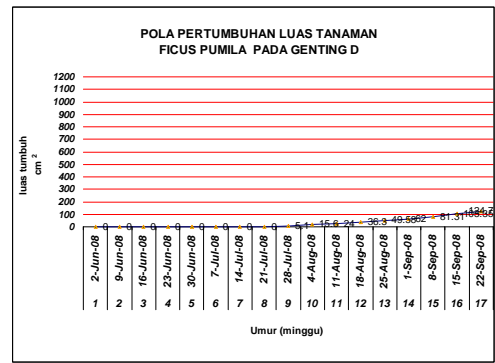
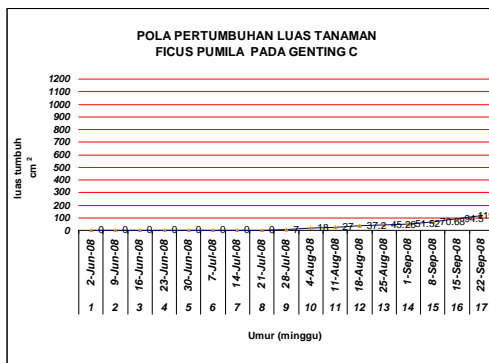
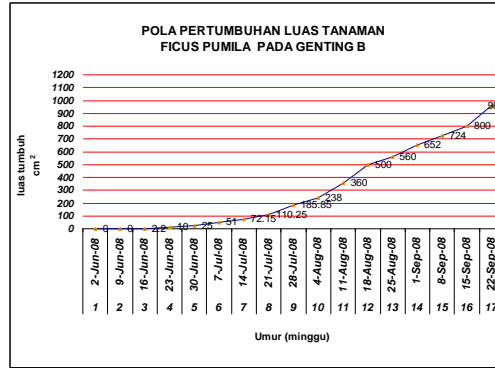
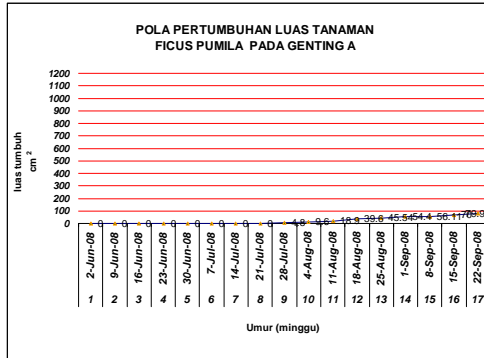
Lampiran 1



Lampiran 2.



Lampiran 3



Lampiran 4.

HASIL PENGUKURAN SUHU DALAM C⁰ Waktu pengukuran jam 12.00 s/d 12.15

Tidak ditumbuhi <i>Ficus pumila</i>		Tidak ditumbuhi <i>Ficus pumila</i>
GENTING A C ⁰		GENTING A C ⁰
43.8 C ⁰	suhu dalam ruangan	43.8
47.2 C ⁰	suhu atas genting	47.2
Ditumbuhi <i>Ficus pumila</i>		Tidak ditumbuhi <i>Ficus pumila</i>
GENTING B C ⁰		GENTING B C ⁰
41.8	suhu dalam ruangan	43.7
43.6	suhu atas genting	45.5
GENTING C C ⁰		GENTING C C ⁰
49.3	suhu dalam ruangan	51.3
54.2	suhu atas genting	59
GENTING D C ⁰		GENTING D C ⁰
42.6	suhu dalam ruangan	45.7
47.7	suhu atas genting	49.4
GENTING E C ⁰		GENTING E C ⁰
41.6	suhu dalam ruangan	46
49.9	suhu atas genting	52.6

Lampiran 5



Pertumbuhan pada Genting A
Doc. Wisnu T. Widayat 2008



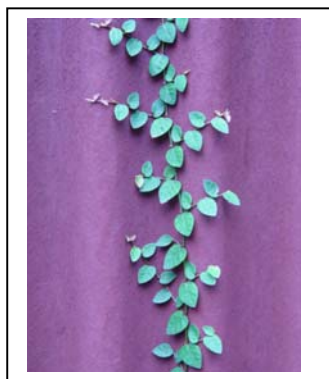
Pertumbuhan pada Genting B
Doc. Wisnu T. Widayat 2008



Pertumbuhan pada Genting C
Doc. Wisnu T. Widayat 2008



Pertumbuhan pada Genting D
Doc. Wisnu T. Widayat 2008



Pertumbuhan pada Genting E
Doc. Wisnu T. Widayat 2008

DEGRADASI KUALITAS UDARA KOTA YOGYAKARTA DAN ONGKOS EKONOMI KESEHATAN MASYARAKAT

Amiluhur Soeroso¹

Y. Sri Susilo²

Pusat Studi Energi
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

ABSTRACT

This research aims is to explore and monetarily quantify the benefit of Yogyakarta's municipality air quality to support sustainable development. Data were obtained from inhabitant using a structured questionnaire and secondary data. After that, we calculate it by using contingent valuation (CV) and dose response (DR) method. The results indicate that economic benefit of clean air and healthy cost is huge.

Keywords: Yogyakarta, air quality, cost of illness

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global (*global warming*) menjadi isu menarik seluruh negara dunia karena dampak negatifnya bagi umat manusia. Para ilmuwan mengatakan peningkatan suhu menyebabkan salju di kutub meleleh sehingga permukaan air laut naik, selain itu akan menimbulkan badai dan bencana kekeringan yang akan mendorong perpindahan masal manusia. Gas karbon (CO₂) yang di antaranya dihasilkan sarana transportasi ditengarai menjadi salah satu penyebab bumi menghangat sehingga banyak negara berjuang memperbaiki kualitas udaranya. Polusi udara hasil gas buang kendaraan bermotor, selain menyumbang CO₂ juga menyebabkan pencemaran timbal (Pb) sehingga KLH pada tahun 2006 mengeluarkan peraturan yang menyatakan tidak boleh ditambahkan lagi pada bahan bakar apapun di Indonesia. Upaya pencegahan pemanasan global dilakukan melalui Protokol Kyoto (1997) kemudian dilanjutkan Bali Roadmap (Desember 2007) yang mulai berlaku begitu Protokol Kyoto berakhir pada 2012. Negara maju seperti AS dan negara berkembang seperti China dan India untuk pertama kalinya mengambil langkah pengurangan bagi penggunaan emisinya.

Yogyakarta, lingkungan perkotaan yang berkembang pesat infrastruktur sarana transportasinya, mengalami kemajuan yang tidak terduga dibandingkan 30 tahun lalu. Jumlah manusia yang beraktivitas di wilayah Kota Yogyakarta, yang luasnya sekitar 33 kilometer

¹ Dosen STIE Pariwisata API Yogyakarta dan Peneliti Pustral UGM. Alumnus Prodi Manajemen (S1) dan Prodi Magister Manajemen (S2) Fakultas Ekonomi Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY). Memperoleh Magister (S2) dan Doktor (S3) bidang Ekonomi Lingkungan dari Sekolah Pascasarjana UGM. Konsultan di Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata RI dan dosen tetap Fakultas Ekonomi UAJY. Bidang yang ditekuni: Ekonomi Lingkungan dan Ekonomi Pariwisata. Aktif dalam diskusi yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Energi UAJY. Alamat e-mail: amisoeroso@gmail.com

² Dosen Fakultas Ekonomi Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY). Alumnus Jurusan Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi UGM dan memperoleh Magister Ilmu Ekonomi dari Program Pascasarjana UGM. Saat ini sedang menempuh program S3 di Program Doktor Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi UNS Solo. Bidang yang ditekuni: Ekonomi Industri dan Ekonomi Energi. Aktif dalam kegiatan yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Energi UAJY. Alamat email: yssusilo@gmail.com

persegi, di siang hari diperkirakan mencapai sejuta orang yaitu penduduk kota plus para komuter, sedangkan pada malam hari separuhnya saja.

Tabel 1. Jumlah Kendaraan di Yogyakarta

Tipe	1992	1996	2001	2006	$\Delta\%$
Sedan	17.977	26.441	30.284	31.432	21,80
Bus	1.706	1.440	932	n.a	-16,96
Truk	8.679	10.935	11.638	n.a	10,81
Sepeda motor	103.259	127.252	168.468	213.690	27,49
Total	131.621	166.068	211.322		17,81

Sumber: Samsat Kota Yogyakarta (2006)

Pada data Tabel 1 terlihat kenaikan populasi kendaraan dari tahun 2001-2006 meningkat tajam, sepeda motor dan mobil dalam kurun waktu 14 tahun masing-masing meningkat rerata (Δ) 21,8% dan 27,49%. Sementara itu, kendaraan tidak bermotor seperti sepeda, andong dan sebagainya relatif konstan bahkan jumlahnya cenderung turun. Tentu saja kenaikan populasi kendaraan bermotor berakibat pula terhadap peningkatan gas buang yang dihasilkannya seperti karbonmonoksida (CO) dan timbal hitam (Pb) (Tabel 2). Dampaknya kualitas udara menurun dan berefek negatif terhadap kesehatan, terutama anak-anak. Di ruas jalan Malioboro, kandungan Hidrokarbon (HC) dan timbal pada taraf yang berbahaya bagi kesehatan (Bapedalda DIY, 2004).

Tabel 2. Kadar Pb di Yogyakarta

No	Lokasi	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Perempatan Wirobrajan	1,706	2,0
2	Perempatan Pojok Beteng Kulon	0,453	
3	Perempatan Tugu	0,433	
4	Perempatan Galeria Mall	1,175	
5	Perempatan Pingit	1,925	
6	Jalan Malioboro	1,033	

Sumber: Bapedalda DIY (2001)

Selain itu, kualitas udara di perempatan jalan besar seperti Wirobrajan, Mirota Kampus (Terban) dan Jalan Magelang relatif kurang baik. Kadar CO dan timbal di tiga lokasi tersebut mendekati ambang baku mutu ambien yang ditoleransi yaitu 30.000 mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) untuk CO dan timbal sebesar 2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sementara kadar PM_{10} atau partikel debu di udara (Tabel 3) seperti di Pingit mencapai 200 mikrogram per meter kubik (di atas ambang batas 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), sedangkan Hidrokarbon yang terkandung di udara sebesar 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ($\geq 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabel 3. Kadar PM_{10} di Yogyakarta

No	Lokasi	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Perempatan Wirobrajan	226,70	150
2	Perempatan Pojok Beteng Kulon	212,96	
3	Perempatan Pojok Beteng Wetan	124,00	
4	Perempatan Galeria Mall	175,00	
5	Perempatan Pingit	200,00	
6	Pertigaan Borobudur Plaza	228,00	

Sumber: Bapedalda DIY (2001)

Dampak negatif yang terjadi pada kesehatan tentu saja akan menyebabkan ongkos purifikasi dan atau perbaikan kesehatan. Oleh karena itu diperlukan sebuah apresiasi terhadap nilai kualitas udara untuk kepentingan kesehatan masyarakat. Meskipun nilai tersebut tidak tercermin dalam mekanisme pasar, namun bukan berarti hilang atau pelayanan udara bersih yang diberikan bagi manusia cuma-cuma. Berkaitan dengan itu,

maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui besaran manfaat ekonomi kualitas udara bersih di Yogyakarta dan mengetahui berapakah ongkos kesehatan akibat pencemaran udara tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi terhadap kerugian yang ditimbulkan pencemaran udara sudah banyak dilakukan oleh Farber & Rambaldi (1993), Krupnick *et al.* (1990), Brajer *et al.* (1991), Harmaini (1998), Harrison & Rubinfeld (1978). Namun untuk mengetahui kesediaan individu untuk membayar kesehatan akibat kualitas udara yang bersih dapat dilihat melalui penjelasan sebagai berikut. Untuk mengetahui sifat dari kesediaan membayar terhadap perbaikan kualitas udara digunakan asumsi inidividu memiliki sebuah fungsi utilitas dalam bentuk sebagai berikut.

$$U = X^\beta H^\alpha \dots\dots\dots (2.1)$$

H merupakan kesehatan dan X mewakili barang lain. Kemudian pandanglah bahwa produksi kesehatan mendapat kendala fungsi produksi sebagai berikut.

$$H = A^{\gamma_1} Y^{\gamma_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

A mencerminkan kondisi ambien dan Y adalah barang yang digunakan dalam produksi kesehatan. Bila $\alpha_i = \alpha \gamma_i$, maka persamaan (2.1) dapat ditulis sebagai berikut.

$$U = X^\beta A^{\gamma_1} Y^{\gamma_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dari perspektif individu, A merupakan variabel eksogen. C didefinisikan sebagai sejumlah uang kompensasi yang diberikan terhadap perubahan utilitas, sambil menjaga utilitas individu pada tingkat semula (awal). Dalam kasus ini C adalah sama dengan:

$$C = I \left[\left(\frac{A_0}{A_1} \right)^{\alpha_1/\beta + \alpha_2} - 1 \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

I adalah pendapatan, A_0 dan A_1 adalah tingkat kualitas ambien semula dan baru. Jika $A_0 < A_1$, C bertanda negatif untuk nilai I yang positif. Itu adalah, sebuah perbaikan pada kualitas ambien dengan menciptakan kesediaan membayar ($C < 0$) terhadap aktivitas tersebut.

Pertama, jika C turun maka penghasilan ditengarai akan meningkat. Kedua, α merepresentasikan “kesadaran terhadap kesehatan”, dan persamaan (2.4) dapat digunakan untuk menunjukkan $\delta C / \delta \alpha < 0$. Kesediaan membayar perbaikan ambien akan meningkatkan “kesadaran terhadap kesehatan”. Ketiga, γ_1 menunjukkan pentingnya kondisi ambien dalam produksi kesehatan. Untuk perseorangan kepentingan ini dapat diterima. Dalam kasus lain, jika $\delta C / \delta \gamma_1 < 0$, implikasinya bahwa peningkatan dalam kondisi ambien baik riil atau diterima dalam produksi kesehatan akan meningkatkan kesediaan membayar kondisi tersebut. Seseorang juga dapat melihat jika $\delta C / \delta \gamma_2 < 0$, artinya kesediaan membayar perbaikan ambien menurun sama halnya dengan individu lebih memilih menggunakan substitusi input kesehatan non-ambien, seperti AC, untuk mendapatkan kualitas ambien.

Hubungan Mortalitas dan Morbiditas dengan PM_{10}

Mortalitas menjadi perhatian utama dari setiap studi yang menghubungkan polusi udara dengan kesehatan. Studi yang dilakukan Ostro *et al.* (1996), ADB (1996) dan Chestnut *et al.* (1997) memperlihatkan hubungan signifikan antara kematian dini sehari-hari (*daily mortality*) dengan PM seperti *fine particle* ($FP < 2,5 \text{ g/m}^3$), PM_{10} , *British Smoke* (BS), *coefficient of haze* (COH) dan sulfat. Pada Tabel 4 diperlihatkan perubahan mortalitas akibat kenaikan 1 mg per meter kubik PM_{10} .

Tabel 4. Persentase Perubahan Mortalitas Akibat Kenaikan $1 \text{ mg/m}^3 \text{ PM}_{10}$

Sumber	Koefisien Dose Response	Lokasi
Ostro (1994)	0,096	Jakarta, Indonesia
Ostro <i>et al.</i> (1996)	0,073	Santiago, Chile
Chestnut <i>et al.</i> (1997)	0,109	Bangkok, Thailand

Sumber: berbagai sumber

Keterangan: konversi $1 \text{ PM}_{10} = 0,55 \text{ TSP}$

Berdasarkan durasi waktunya, bentuk morbiditas terbagi menjadi dua macam yaitu akut (jangka pendek) dan kronis (jangka panjang). Di sini termasuk *respiratory hospital admission* (RHA), *emergency room visits* (ERV), asma, kehilangan produktivitas melalui *restricted activity days* (RAD), bronchitis khronis dan *lower respiratory illnesses* (LRI) pada anak-anak.

3. METODA PENELITIAN

3.1 Data, Daerah Penelitian dan Sampel

Penelitian dilakukan di Kota Yogyakarta (Gambar 1), sebuah area urban di Daerah Istimewa Yogyakarta. Kota ini memiliki penduduk sebesar 3.120.480 jiwa. Data primer diambil dari responden masyarakat di sekitar titik-titik yang dianggap rawan polusi, sedangkan data sekunder diambil dari publikasi.



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

Sampel ditentukan dengan menggunakan teknik Watson *et al.* (1993: 360) sebagai berikut.

$$n = \frac{4 \cdot Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p(1-p)}{(\omega)^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

n merupakan ukuran sampel, p adalah proporsi kesuksesan yang diharapkan dari sampel, q adalah proporsi sisa ($1-p$), $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ adalah koefisien konfidensi, $\omega=L+R$ adalah jumlah kesalahan yang dapat ditoleransi dari rerata populasi pada batas kiri (L) dan batas kanan (R). Pada dasarnya representasi sampel tergantung pada: (1) tingkat keyakinan yang diinginkan, (2) jumlah kesalahan yang ditoleransi dan (3) jumlah penyebaran (dispersi) dalam populasi yang ditaksir (Palumbo, 1977: 279). Zikmund (1991: 510-511) berpendapat bahwa besarnya ukuran sampel dapat juga ditentukan menurut pertimbangan keilmuan (*professional judgement*) peneliti.

Oleh karena itu dengan (1) p kesuksesan 90 persen atau tingkat kegagalannya (q) 10%; (2) *error* (α) 1% dan $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 2,58$; (3) kesalahan yang ditoleransi $\omega=10\%$. Berdasarkan rumus (3.1) ditetapkan sampel $n = \{4 \cdot (2,58)^2 \cdot (0,9) \cdot (0,1)\} / (2,0,05)^2 = 239,63 \approx 240$ orang. Sampel individu masyarakat diambil secara acak di wilayah sekitar titik polusi yaitu Bayeman, perempatan Pingit, Galeria Mall dan Wirobrajan, serta Pizza Hut, Mirota Kampus, Hotel Matahari, UIN, Hotel Saphir, RSU PKU Muhammadiyah, Pojok Beteng Kulon, dan Borobudur Plasa.

Selanjutnya untuk menghitung biaya degradasi lingkungan atau ongkos kesehatan akibat adanya pencemaran udara digunakan fungsi *dose-response* dan teknik valuasi kontingensi atau *contingent valuation method* (CVM).

3.2 Fungsi Dose-Response

Dose response (DR) dihitung memakai data sekunder, dasarnya menggunakan pendekatan modal manusia (*human capital approach*, HC) untuk menilai atribut lingkungan melalui dampaknya terhadap kuantitas dan kualitas tenaga kerja. Secara tradisional teori modal manusia digunakan untuk mengukur kesehatan, pendidikan (Knowles, 1997) dan pelatihan (Wilson, 1983). Pendekatan HC adalah fokus pada kehilangan penghasilan akibat dari kecelakaan, sakit dan biaya medis.

Operasionalisasinya dengan (1) menilai kerusakan fisik akibat polutan, (2) mengestimasi nilai ekonomi kerusakan yang ditimbulkan. Pendekatan HC hanya dapat diaplikasikan dalam kasus yang jelas ada hubungannya antara degradasi lingkungan dengan penyakit atau sakit. Teknik ini menilai komoditi lingkungan seperti polusi udara, hubungan antara jumlah polusi (misalkan: 1 ton SO₂ per tahun) dan observasi terhadap kerusakan yang disebabkan (kerusakan pada pertanian, bangunan, kesehatan individu dsb). Dampak kesehatan akibat PM₁₀ (aerosol atau partikel debu dengan diameter kurang dari 10 mikron) dari emisi transportasi terhadap *symptom* pernafasan dan berhubungan dengan kerusakan jantung atau munculnya penyakit kanker. Perubahan mortalitas akibat PM₁₀ dari dapat dihitung dengan:

$$\%dH_{MT} = b \cdot dPM_{10} \cdot CMR \cdot POP \cdot 1/100 \dots\dots\dots (3.2)$$

dH_{MT} merupakan perubahan mortalitas, b adalah koefisien dose-response (misalnya: 0,096), CMR adalah tingkat kematian kasar (*crude mortality rate*); POP adalah populasi masyarakat yang memiliki risiko kesehatan atau yang terkena dampak; dan faktor 1/100

digunakan untuk mengkonversi persentase menjadi angka absolut. Ostro (1994) menengarai hubungan di antara variabel-variabel adalah:

$$\%dH_{MT} = 0,096.dPM_{10} \dots\dots\dots (3.3)$$

dH_{MT} merupakan perubahan mortalitas. $1 \mu g/m^3$ perubahan konsentrasi PM_{10} berhubungan dengan 0,1 persen perubahan mortalitas, atau $10 \mu g/m^3$ perubahan konsentrasi PM_{10} berhubungan dengan 1 persen perubahan mortalitas. Namun demikian, dari hasil studi DR yang telah dilakukan peneliti dahulu (Garrod dan Willis, 1999) kisaran dampak yang terjadi berkisar antara:

$$\%dH_{MT} = 0,0130.dPM_{10} \text{ sampai dengan } \%dH_{MT} = 0,062.dPM_{10} \dots\dots (3.4)$$

Fungsi ini digunakan bila hasil model simulasi kualitas udara ambien tersedia. Fungsi *dose-response* terhadap dampak kesehatan, kesejahteraan untuk ozon dan PM_{10} dapat digunakan untuk menghitung ongkos dampak pencemaran udara. Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia adalah perkiraan perubahan di dalam masyarakat dan kesehatan yang diakibatkan polutan udara. Sebagian besar dampak dihubungkan dengan volume udara yang dihirup. Artinya perubahan ini sesuai dengan kualitas udara ditempat masyarakat tinggal dan ditentukan perubahan-perubahan yang spesifik pada kualitas udara. Perubahan tingkat kesehatan yang diteliti adalah jumlah kasus atau jumlah masyarakat yang dirugikan, kemudian dapat diperkirakan sebagai “perubahan yang diketahui”. Kajian penurunan kesehatan akibat polutan udara terdiri dari kematian dini, infeksi akut selain pernafasan atas, penyakit lain pada saluran pernafasan atas, penyakit darah tinggi, asma dan bronchitis.

3.3 Valuasi Kontingensi

Untuk mengukur nilai total kesediaan individu membayar barang lingkungan di bawah beberapa skenario pasar hipotetis digunakan *close-ended contingent valuation method* (CVM) (Mason dalam GCI, 2002: 32). Metode ini digunakan karena dapat untuk: (1) mengestimasi kesediaan individu untuk membayar (WTP, *willingness to pay*) perubahan kualitas lingkungan, (2) menilai kenikmatan memakai sumberdaya baik oleh pengguna atau bukan pengguna, dan (3) menilai barang yang dinilai terlalu rendah (Mitchell & Carson, 1989; Lee *et al.*, 1998: 41)

Skenario hipotetis diinformasikan kepada responden bilamana lingkungan Yogyakarta ditetapkan menjadi kawasan hijau dengan rerimbunan dedaunan dan udara bersih. Namun di saat yang bersamaan sarana transportasi pribadi baik mobil dan sepeda motor yang ada tetap dipertahankan meskipun telah berusia tua, sedangkan transportasi publik seperti bus belum saatnya diutamakan. Hal ini dilakukan karena sarana pribadi lebih potensial akan memberikan pendapatan asli daerah. Jawaban responden yang diharapkan adalah setuju dan tidak setuju.

Kemudian, sebagai konsekuensi jawaban di atas, responden dikonfrontasikan dengan harga penawaran yang berbeda. Jawaban responden hanya “ya” dan “tidak” untuk menerima atau menolak harga yang ditawarkan dari serangkaian penawaran yang diberikan dalam sebuah pasar hipotetis (Bishop & Heberlein, 1979: 927-928). Nilai dicatat, jika responden menjawab “Ya”. Jika ongkos menggunakan sumberdaya kesehatan dibebankan pada individu, maka ada dua pilihan, berpartisipasi dengan menerima harga yang ditawarkan atau menghentikan aktivitas dengan menolak biaya tersebut. Individu mengetahui maksimal pilihan untuk melakukan aktivitas tersebut. Menurut Henemann (Lee *et al.*, 1998: 42) penawaran akan diterima atau ditolak jika:

$$v(1, Y-A; s) + \varepsilon_1 \geq v(0, Y-A; s) + \varepsilon_0 \dots\dots\dots (3.3)$$

v adalah utilitas tidak langsung yang diasumsikan setara dengan utilitas; u . Y adalah pendapatan. A merupakan penawaran menggunakan udara bersih, s adalah karakteristik sosial-ekonomi yang mempengaruhi preferensi individu, ε_n merupakan identitas, variabel acak yang didistribusikan secara independen dengan rerata nol. Kemudian, perbedaan utilitas (Δv) dapat diekspresikan sebagai berikut.

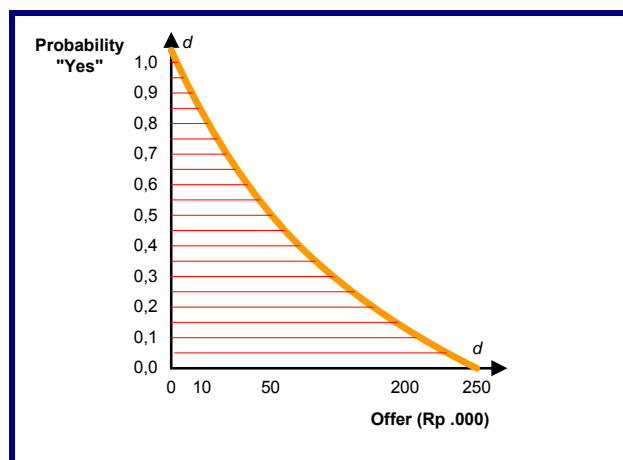
$$\Delta v = v(1, Y-A; s) - v(0, Y-A; s) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) \dots\dots\dots (3.4)$$

Format *close-ended of CVM* dengan *dependent variable* bersifat dikotomi merupakan model pilihan kualitatif yang terdiri dari *linear probability* (LP), *probit*, *logit* dan *tobit* (Gujarati, 2003: 541; Hair *et al.*, 1998: 276-278). Namun, model LP seringkali mengandung keberadaan heteroskedastisitas (distribusi tidak normal dari *disturbance term*), dan kemungkinan probabilitas keluar dari prediksi interval antara 0 dan 1 (Capps & Cramer, 1985; Gujarati, 2003: 542-543). Dengan demikian, model *probit* dan *logit* disiapkan untuk menghindari masalah yang muncul pada model LP melalui penggunaan transformasi monotonik. Model probit berdasarkan pada fungsi distribusi kumulatif standar, sedangkan model logit berdasarkan pada fungsi distribusi kumulatif logistik. Meskipun demikian, model logit lebih disukai dibandingkan model probit, karena relatif sederhana untuk dihitung. Berdasarkan asumsi WTP individu mengikuti distribusi logistik, probabilitas (P_i) individu akan menerima penawaran (A) dapat diekspresikan sebagai model *logit* (Gujarati, 2003; Greene, 2003) berikut.

$$P_i = F_{\eta}(\Delta v) = \frac{1}{1+e^{-\Delta v}} = \frac{1}{1+e^{-(\alpha+\beta O+\gamma I)}} \dots\dots\dots (3.5)$$

F_{η} adalah fungsi distribusi kumulatif logistik dari variasi logistik standar, β dan γ adalah koefisien estimasi. Secara *a priori* koefisien β berasosiasi negatif dengan penawaran (O), sedangkan koefisien γ berasosiasi positif dengan penghasilan (I). Jadi, model *logit* persamaan (3.5) linier dalam parameter. Nilai harapan WTP diestimasi menggunakan parameter metode *Maximum Likelihood* atau ML (Lee *et al.*, 1998: 43):

$$E(WTP) = \int_0^{\infty} F_{\eta}(\Delta v).dO = \int_0^{\infty} F_{\eta}(\alpha^* + \beta O).dO = \frac{\ln(1+e^{\alpha^*})}{\beta} \dots\dots\dots (3.6)$$



Gambar 2. Fungsi Kesiediaan Untuk Membayar
Sumber: Lee *et al.* (1998: 43)

E (WTP) adalah nilai harapan dari WTP dan $\alpha^* = \alpha + \gamma l$. Persamaan (3.6) mengindikasikan bahwa nilai harapan dari WTP individu dihitung dengan integral numerik yang berkisar antara 0 hingga ∞ . Daerah di bawah kurva pada Gambar 2 digunakan untuk membuat inferensi rerata WTP.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Kualitas Udara Ambien

Kualitas udara *ambient* di Yogyakarta dari data Bapedalda (2007) pada 14 titik pemantauan dapat dilihat pada Tabel 5. Di sini tampak rerata tingkat kebisingan sudah melampaui baku mutu 65dB (A) sehingga mengganggu pendengaran.

Tabel 5. Rerata Kualitas Udara Ambien Yogyakarta (Desember 2007)

No	Parameter	Hasil	Baku Mutu
	FISIKA		
1	Suhu udara	32	°C
2	Kelembaban	43.55	% RH
3	Arah angin	n.a	X°
4	Kecepatan	1.08	0,556 m/dt
5	Cuaca	Cerah berawan	-
6	Tekanan	75.51	mm Hg
7	Kebisingan	81.17	70 dBA (Leq)
	KIMIA		
8	Sulfur dioksida (SO ₂)	0.006	0,340 ppm
9	Karbon monoksida (CO)	9.64	35 ppm
10	Nitrogen dioksida (NO ₂)	0.005	0,212 ppm
11	Ozon (O ₃)	0.012	0,120 ppm
12	Hidrokarbon HC)	77.44	160 µg/m ³
13	Debu (TSP)	n.a	230 µg/m ³
14	Timah hitam (Pb)	1.89	2 µg/m ³

Sumber: Bapedalda DIY (2007)

Kadar PM₁₀ pada udara di beberapa tempat kritis di Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 6. Semuanya jauh atas baku mutu lingkungan sehingga dikhawatirkan berdampak pada kesehatan masyarakat.

Tabel 6. Emisi PM₁₀ di Yogyakarta

Lokasi	PM ₁₀ Content (µg/m ³)	Baku Mutu	
		DIY (µg/m ³)	WHO (µg/m ³)
Perempatan Wirobrajan	226,70	24 jam: 150 1 tahun: 50	70
Perempatan Pojok Beteng Kulon	212,96		
Terminal Bus Umbulharjo	206,90		
Perempatan Galeria Mall	175,00		
Perempatan Pojok Beteng Wetan	124,00		
Borobudur plasa	228,00		

Sumber: Bapedalda DIY (2001)

Sementara itu, emisi timbal dan *particular matter* 10-micron (PM₁₀) ditengarai menjadi polutan udara yang paling berbahaya bagi kesehatan. Pada Tabel 5 terlihat bahwa emisi timbal, meskipun belum melampaui ambang batas tetapi akan meningkat terus sejalan dengan pertumbuhan sektor transportasi yang cepat.

4.2 Penilaian Ekonomi: Dose-Response

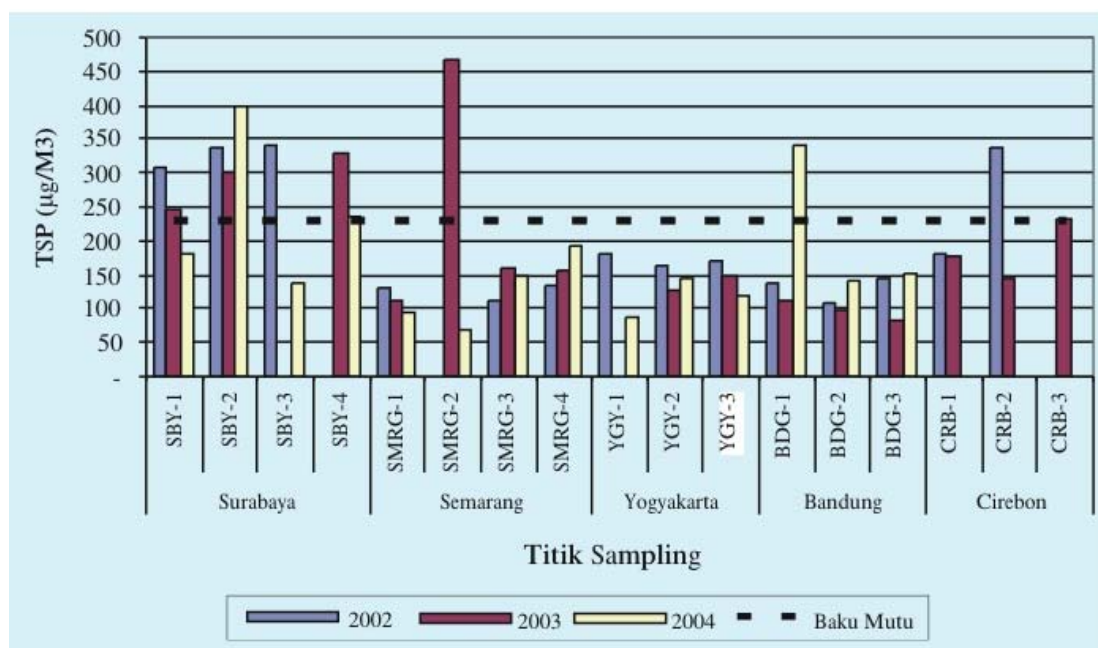
Dari penelitian diperoleh data bahwa di Yogyakarta terdapat beberapa kasus yang disebabkan oleh bahan partikel lebih kecil atau sama dengan 10 mikron yaitu kematian dini (*mortality*) dan karena penyakit (*morbidity*) dalam kasus infeksi akut, saluran pernafasan atas, darah tinggi, asma dan bronchitis (Tabel 7).

Tabel 7 Kematian Dini dan Morbiditas

No	Jenis penyakit	%
1	Kematian dini	1,125
2	Infeksi akut	31,555
3	Infeksi saluran pernafasan atas	12,225
4	Darah tinggi	7,845
5	Asma	3,085
6	Bronchitis	0,700

Sumber: Dinas Kesehatan DIY (2006)

Kasus penyakit yang terjadi berdasarkan konsentrasi PM_{10} sebesar 55% dari konsentrasi TSP (*total suspended particles*), dengan baku mutu yang digunakan WHO adalah 41 yaitu 55% dari $75 \mu g/m^3$; sedangkan standar yang ditetapkan DIY adalah $50 \mu g/m^3$ per tahun. Dari Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi TSP di Yogyakarta masih di bawah ambang baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 3. Konsentrasi TSP di Yogyakarta

Sumber: UAQ (2006)

Selanjutnya kasus penyakit akibat PM_{10} di Yogyakarta dihitung dengan menggunakan rumus Dixon *et al.* (1996) yaitu setiap kasus penyakit dikalikan median PM_{10} (DIY dan WHO) kemudian dikalikan dengan jumlah populasi (Tabel 8). Sebagai contoh per 100 ribu orang penduduk terjadi kematian dini sebesar $1,125 \times (50-41) \times 3,120478 = 31,59 \approx 32$ kasus, sedangkan infeksi akut $31,555 \times (50-41) \times 3,120478 \approx 886$ kasus, dan seterusnya.

Tabel 8. Dampak Fisik Polusi Udara Akibat PM₁₀ per 100 Ribu Orang

No	Jenis penyakit	Kasus
1	Kematian dini	32
2	Infeksi akut	886
3	Infeksi saluran pernafasan atas	343
4	Darah tinggi	220
5	Asma	87
6	Bronchitis	20

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan URBAIR *guidebook*, nilai per kasus di USA mencapai US \$3 juta. Untuk mengetahui nilai per kasus di Indonesia digunakan faktor paritas daya beli Indonesia dibandingkan USA yaitu sebesar $617/2.685 = 0,2298$ (AW, 2001). Dengan menggunakan nilai tukar US\$ 1 = Rp. 10.000,00, maka nilai kematian dini sebesar $1,125 \times 0,2298 \times \text{Rp. } 10.000 \times 3.000.000 = \text{Rp. } 7.738.515.000$ per kasus. Pada Tabel 9 ditunjukkan total kerugian ekonomi yang ditanggung masyarakat akibat PM₁₀ yaitu sebesar Rp 62,271 triliun (US\$ 6,227,157,168).

Tabel 9. Nilai Ekonomi Dampak Kesehatan PM₁₀

No	Dampak Kesehatan	Kasus	Nilai per kasus (Rp.)	Total Kerugian (Rp.)
1	Kematian dini	32	7.738.515.000	247.632.480.000
2	Infeksi akut	886	21.750.570.000	19.271.005.020.000
3	ISPA	343	84.279.150.000	28.907.748.450.000
4	Darah tinggi	220	54.083.430.000	11.898.354.600.000
5	Asma	87	21.267.990.000	1.850.315.130.000
6	Bronchitis	20	4.825.800.000	96.516.000.000
	Total			62.271.571.680.000

Keterangan: ISPA – Infeksi Saluran Pernafasan Atas

Dengan asumsi tingkat PM₁₀ menurun 10 micrograms per m dan sepertiga penduduk Yogyakarta terekspos penurunan tersebut maka manfaat kesehatan yang diperoleh akan berkisar $6,72 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot (1.040.160 \text{ orang}) = 69,89 \approx 70$ orang lebih sedikit terkena kasus kematian dini. Sementara itu untuk Morbiditas per 100 ribu jiwa, *Respiratory Hospital Admission* (RHA) diperkirakan mencapai 12, *Emergency Room Visits* (ERV) 235,4, *Restricted Activity Days* (RAD) 0,575, sedangkan *Lower Respiratory Illness* (LRI) pada anak-anak 0,0169 per asmatik.

Selanjutnya dari formula Dixon (1996) perhitungan ongkos kesehatan per kasus akibat polusi timbal terhadap IQ adalah sebesar Rp 67.216,5, hipertensi Rp 5.005.044, jantung koroner Rp 234.396.000, dan kematian dini adalah Rp 241.290.000. Jadi kerugian seluruhnya adalah sebesar Rp 480.758.260,5.

4.3 Penilaian Ekonomi: Pendekatan CV

Penghitungan nilai ekonomi lain yaitu menggunakan skenario hipotesis nilai udara bersih, yang memberi gambaran hasil empiris sebuah persamaan matematis: $P = 13,5999 - 0,431 O + 0,0384 I$ (Tabel 10). Dari *linear-logit model* yang digunakan terlihat bahwa variabel penawaran (O) dan penghasilan (I) masing-masing memiliki koefisien regresi yang signifikan pada tingkat kepercayaan di atas 99 persen sehingga secara individual koefisien keduanya bermakna.

Tabel 10. Hasil Empiris Valuasi Kontingensi

Variabel	Koefisien	SE	t	p
Konstan	13.5999	47.656	2.7501	0.0000
O	-0.4310	0.6390	-2.1658	0.0310
I	0.03840	0.01632	2.3529	0.0420

Keterangan: McFadden pseudo- $R^2 = 0,17$; H-L = 4,4537 (0,8141)

Angka McFadden pseudo- $R^2 = 0,17$ menunjukkan tingkat eksplanatori ukuran pseudo- R^2 yang dapat diterima dalam analisis pilihan kualitatif (Maddala, 1991). Mitchell & Carson (1989) menandakan juga bahwa angka pseudo- R^2 di atas 0,15 untuk penelitian dengan teknik CV memadai. Adapun Likelihood ratio (LR) memiliki nilai χ^2 hitung 39,95 lebih besar dari χ^2 tabel 5,9915 pada $df=2$ dan $\alpha=5\%$ sehingga model tersebut laik untuk digunakan. Dengan melihat nilai uji Hosmer and Lemeshow (H-L) sebesar 6,4468 ($p=0,59731 > 0,05$) dapat disimpulkan bahwa dalam model tersebut tidak terjadi gangguan heteroskedastisitas.

Hasil studi itu sesuai dengan prediksi semula bahwa penawaran (O) akan bertanda negatif dan penghasilan (I) bertanda positif. Tanda negatif pada penawaran berkonotasi bahwa semakin tinggi penawaran yang diajukan diterima oleh responden maka akan semakin menurunkan probabilitas individu untuk memilih mengutamakan udara bersih tanpa mempedulikan keberadaan komunitas di sekitar monumen tersebut; dan sebaliknya. Dengan demikian, parameter pada penawaran dapat diartikan bahwa pemilih yang menerima penawaran tinggi akan memiliki probabilitas sebesar $e^{-0,4310} = 1,54$ kali untuk lebih mementingkan sarana transportasi yang ramah lingkungan, sehingga peluang memilih udara bersih lebih besar.

Penemuan ini menunjukkan pula semakin tinggi penghasilan menyebabkan peningkatan peluang individu untuk condong lebih mengutamakan sarana transportasi yang bersih. Gradien penghasilan sebesar 0,03840 menunjukkan kenaikan satu unit penghasilan cenderung menyebabkan peningkatan probabilitas keinginan sebesar $e^{0,0384} = 1,04$ kali untuk mendahulukan transportasi yang nyaman meskipun tidak ramah lingkungan.

Dengan demikian hasil yang diperoleh dalam penelitian ini selaras dengan studi-studi Lee *et al.* (1998) dan Carson *et al.* (1997). Selanjutnya, kalkulasi nilai harapan (E) WTP berdasarkan hasil empiris penelitian adalah sebagai berikut.

- 1) Dengan menggunakan rerata penghasilan US \$ 2,270.83 per tahun.

$$\alpha^* = \alpha + \gamma I = 13.5999 + 0.0384 (2270.83) = 3,156.42862$$

$$E(WTP) = \frac{\ln(1 + e^{100.80})}{0.431} = \text{US \$ } 233.874 \text{ per orang.}$$

- 2) Dengan menggunakan median penghasilan US \$ 1,750.04 per tahun.

$$\alpha^* = \alpha + \gamma I = 13.5999 + 0.0384 (1750.04) = 80.801436$$

$$E(WTP) = \frac{\ln(1 + e^{80.801})}{0.431} = \text{US \$ } 187.474 \text{ per orang.}$$

Dengan asumsi sepertiga jumlah penduduk Yogyakarta (1.040.160 jiwa) orang terkena dampak polusi udara per tahun maka total E(WTP) adalah sebagai berikut (US\$ 1 = Rp 10.000).

- 1) Total E(WTP) dengan rerata penghasilan responden (US \$ 2,270.83) adalah $1,040,160 \times \text{US \$ } 233.874 = \text{US\$ } 243,266,379.84$ (Rp. 2.432.663.798.400) per tahun.

- 2) Total E(WTP) dengan median penghasilan responden (US \$ 1,750.04) adalah $1,040,160 \times \text{US } \$ 187.474 = \text{US\$ } 195,002,955.84$ atau Rp. 1.950.029.558.400 per tahun.

5. KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa secara empirik manfaat ekonomi kualitas udara bersih di Yogyakarta antara 1,95-2,43 triliun rupiah (CV) dan ongkos kesehatan akibat pencemaran udara yang ditanggung masyarakat sebagai akibat degradasi kualitas udara tersebut mencapai 62,271 triliun rupiah (DR). Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa nilai manfaat ekonomi udara yang bersih tinggi. Hal ini merupakan nilai pilihan (*option value*) bagi masyarakat. Melalui pengukuran empirik nilai pilihan menjadi sebuah komponen total nilai ekonomi yang substansial, karena udara bersih merupakan barang yang sifatnya langka dan esensial dipertahankan bagi kelangsungan kehidupan manusia. Nilai pilihan muncul karena ketidakpastian penggunaan sumberdaya di masa depan.

Implikasi penelitian ini adalah polusi udara di Yogyakarta harus direduksi, misalnya dengan memberikan saringan pada *outlet* gas buang kendaraan bermotor, atau menggunakan bensin yang tidak bertimbal. Dengan begitu bila terjadi kesalahan di dalam pengelolaan transportasi atau menggunakan alat-alat yang bersifat polutif, maka masyarakat akan membayar ongkos kesehatan yang cukup tinggi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank (ADB), 1996, *Economic Evaluation of Environmental Impacts: A Workbook*. Manila: ADB.
- AW (Asia Week), 2001, PPP and Salary Sistem. 2 Maret 2001. *Asia Week*.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Propinsi DIY, 2007, *Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Lingkungan*. Yogyakarta: Bapedalda DIY.
- _____, 2001, *Laporan Kegiatan Pemantauan Kualitas Lingkungan*. Yogyakarta: Bapedalda DIY.
- Bishop, R.C. and T.A. Heberlein, 1979, *Measuring values of extramarket goods: Are indirect measures biased?* *American Journal of Agricultural Economics*, 61 (December): 926-930.
- Capps, O. and Cramer, R.A., 1985, *Analysis of food stamp participation using qualitative choice models*, *American Journal of Agricultural Economics*, 67 (February): 49-59.
- Carson, R.T., Mitchell R.C., Connaway, M.B., and Navrud, S., 1997, *Non-Moroccan Values for the Rehabilitation of the Fes Medina, A report to the World Bank on the Fes Cultural Heritage Rehabilitation Project*. San Diego: Department of Economics, UC-San Diego.
- Chestnut, L.G., Ostro B.D., and N. Vichit-Vadakan, 1997, *Transferability of air pollution control health benefits estimates from the United States to developing countries: evidence from the Bangkok study*. *American Journal of Agricultural Economics*, 79: 1630-1635
- Dinas Kesehatan DIY, 2006, *Kesehatan Masyarakat di Propinsi DIY*, Yogyakarta: Dinas Kesehatan DIY.

- Dixon, J.A., 1996, *The economic valuation of health impacts*, Working Paper, 1304. World Bank.
- Garrod, G.D., and Willis, K.G., 1999, *Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Getty Conservation Institute (GCI), 2002, *Assessing the Values of Cultural Heritage: Research Report*, Los Angeles: Getty Center.
- Greene, W.H., 2003. *Econometric Analysis*. (5th ed.), Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, Inc.
- Gujarati, D., 2003, *Basic Econometrics*. (4th ed.), Singapore: McGraw-Hill.
- Knowles, S., 1997, Which level of schooling has the greatest economic impact on output? *Applied Economic Letter*, 48: 111-126.
- Lee, C., Lee, J., and Han, S., 1998, Measuring the economic value of ecotourism Resources: The Case of South Korea. *Journal of Travel Research*, 36 (Spring): 40-47.
- Mitchell, R.C., and Carson, R.T., 1989, *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method (Resources for the Future)*, Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Ostro, B., 1994, *Estimating Health Effect of Air Pollution: A Method with an Application to Jakarta*, Working paper 1301, Policy Research Department, Washington, D.C: World Bank
- Ostro, B., Eskeland, G.S., Aranda, C. and Sanchez, J.M., 1996, Air pollution and mortality: Result from a study of Santiago, Chile, *Working Paper Series No. 1453*. Washington, DC: The World Bank.
- Palumbo, D.J., 1977, *Statistics in Political and Behavioral Science*, (Rev Ed). NY, USA: Colombia University Press.
- Urban Air Quality (UAQ), 2006, *Peningkatan Kualitas Udara Perkotaan: Strategi dan Rencana Aksi Nasional (NSAP)*, Jakarta: Kerjasama Pemerintah Indonesia-ADB.
- Watson, C.J., Ballingsley, P., Croft, D.J., and Hundsberger, D.V., 1993, *Statistic for Management and Economics*, Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall, Inc.
- Wilson, R.A., 1983, Rates of return: Some further results, *Scotish Journal of Political Economy*, 30: 114-127.
- Zikmund, W.G., 1991, *Exploring Marketing Research*, Chicago, USA: Dryden Press.

UPAYA PENANGGULANGAN SENGAT SILAU MATAHARI PADA *DOUBLE SKIN FAÇADE*

Penerapan Pada Bangunan di Daerah Tropis Lembab - Indonesia

Luh Putu Widhiari

Program Magister Teknik Arsitektur

Program Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

E-mail: widhiariputu@gmail.com

ABSTRACT

Double skin fasade (DSF) is a two-layer ventilation designed specifically for lighting and natural venlation. The field of glass in buildings fasade allow entry of sunlight (daylight) is optimal because the use of glass materials, this gives more opportunities to take advantage of natural lighting in the room. However, this also will affect the excess sun glare and to consider how the technical solution. DSF is generally applied in the four seasons and in this study will be examined how the application in humid tropical regions associated with the sun glare reduction stings. This research study conducted by libraries of books, research journals, and internet. The results of this study indicate that application of the DSF in the humid tropical climate should consider pembayang elements, window to wall ratio (WWR), cavity or cavities of air and glass materials or areas are used.

Keywords : *double skin façade, glare, hot humid climate.*

1. PENDAHULUAN

Daylighting merupakan sumber cahaya yang bersifat alami dengan panjang gelombang 290 nm sampai dengan 2300 nm dengan spektrum lengkap dari ungu sampai dengan infra merah (Satwiko, 2009).

Sifat dari sinar matahari (*daylight*) yang datang secara langsung akan membawa serta panas dan sangat menyilaukan sehingga cahaya yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pencahayaan di dalam ruangan adalah cahaya dari bola langit atau skylight. Namun, sinar matahari juga memiliki beberapa kelebihan antara lain cahayanya yang bersifat alami, tersedia melimpah dan gratis di alam, bersifat terbaharukan dan tidak akan habis-habis digunakan, memiliki spektrum cahaya yang lengkap, memiliki daya panas dan kimiawi yang diperlukan bagi makhluk hidup di bumi, memberikan kesan dinamis karena intensitas cahaya yang berubah-ubah oleh halangan awan yang melintas, dapat dipergunakan sebagai pengobatan (*heliotherapy*), lebih alami bagi irama tubuh (*bio-rhythm*), dan sangat membantu dalam proses fotografi (Satwiko, 2009).

Penggunaan cahaya matahari (*daylight*) berpengaruh pula pada aspek keberlanjutan suatu bangunan karena bisa dipergunakan untuk meminimalkan penggunaan energi listrik pada bangunan (Peter dkk, 2003).

Penggunaan *double skin façade* dengan bahan transparan berupa kaca double memungkinkan cahaya masuk lebih banyak ke dalam ruangan. *Double skin façade (DSF)* merupakan komponen teknologi bangunan tinggi yang difungsikan untuk memaksimalkan cahaya matahari (*daylighting*) di musim dingin dan menghindari efek silau dari matahari serta transmisi panas untuk mengurangi panas yang berlebih pada ruang. *Double skin façade (DSF)* banyak diterapkan di negara Eropa di daerah yang memiliki empat musim dan telah sampai ke Asia.

Berdasarkan penelitian tentang *double façade*, penanggulangan sengat silau matahari dengan menggunakan shading sangat efektif. Namun, penggunaan kaca refleksi bukan merupakan bahan yang sesuai karena cahaya yang masuk akan memberikan dampak silau dan panas dalam ruangan. Sedangkan penggunaan kaca dengan pelapis (*coating*)

akan memberikan perasaan terbagi antara bangunan dan lingkungan sekitar ketika melihat keluar bangunan. Kaca refleksi dengan SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*) yang rendah dengan transmisi dibawah 20% memungkinkan untuk diterapkan di daerah dengan sinar matahari yang selalu cerah sepanjang tahun (Arizona, Miami), tapi untuk diterapkan di Eropa dan Amerika Utara, akan sangat tidak mungkin karena matahari sangat sedikit dan selalu mendung.

Berdasarkan penelitian simulasi energy bangunan oleh Sugiono (2002) diketahui adanya sejumlah energy yang diserap dari pemanfaatan cahaya alami yang didapat berkisar 20% pada bangunan tanpa pembayangan dan kurang lebih 10% pada bangunan dengan pembayangan (dengan luasan kaca (20-40%) dengan koefisien peneduh (*shading coefficient /sc*) hanya 0,38. Selubung atau kulit bangunan dengan luasan kaca yang sangat besar berpengaruh pada pencahayaan alami, membantu untuk mengurangi pencahayaan buatan, dan perolehan panas pada bangunan. Di daerah beriklim tropis lembab hal seperti ini akan meningkatkan beban pendingin sehingga energy untuk pendinginan akan sangat tinggi.

Untuk itu dalam penelitian ini akan dibahas mengenai bagaimana pengaruh *daylighting* atau cahaya matahari dan proses secara teknis untuk mengatasi panas dan sengat silau cahaya matahari yang berlebih dalam penggunaan *double skin façade* pada bangunan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam mengerjakan penelitian ini penulis membahas tentang bagaimana pengaruh cahaya matahari atau *daylight* pada bangunan yang menggunakan *double skin façade* khususnya pada daerah beriklim tropis lembab seperti iklim di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan metode studi pustaka atau meneliti dari sumber-sumber literatur yang terkait tentang cahaya matahari atau *daylight*, penggunaan jenis kaca dilihat dari elemen pembayangnya (*shading coefficient/sc*), persentase rasio luas kaca terhadap dinding (*Window to Wall Ratio/WWR*) ataupun SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*) dan studi pustaka tentang *double skin façade* itu sendiri maupun karakteristik mengenai iklim tropis lembab terutama berkaitan dengan penyinaran dan radiasi matahari. Hasil akhir dari penelitian ini berupa kesimpulan dari studi yang dilakukan yaitu upaya penanggulangan sengat silau matahari pada *double skin façade* yang sesuai dengan iklim di Indonesia yaitu iklim tropis lembab.

3. KARAKTERISTIK PENCAHAYAAN ALAMI DI DAERAH TROPIS LEMBAB

Penyinaran matahari di iklim tropis terjadi sepanjang hari meskipun terdapat bulan-bulan tertentu yang lama penyinarannya sedikit terganggu karena adanya awan, seperti bulan Desember dan Januari, yaitu dengan angka 42,8% dan 45%. Sedangkan durasi penyinaran matahari yang paling lama adalah pada bulan Agustus dan September, yaitu 95,7% dan 93,8%. Pada bulan ini langit sangat cerah dan hanya sedikit sekali awan yang menutupi. Adanya awan putih yang menutupi sering sangat menyilaukan dan mengakibatkan mata menjadi penat. Hal ini sangat berbeda dengan daerah di iklim dingin, langit sering berwarna biru tua jernih yang sangat indah dan sejuk di mata (walau pada musim salju maka pemandangan juga sangat menyilaukan) (Satwiko, 2009).

Masalah umum yang biasa terjadi di daerah dengan iklim tropis lembab yaitu kondisi panas yang sangat tidak menyenangkan. Penguapan sedikit, karena gerakan udara lambat, hal ini menyebabkan perlunya perlindungan terhadap radiasi matahari.

4. KARAKTERISTIK UMUM *DOUBLE SKIN FAÇADE*

Double skin façade (DSF) merupakan konstruksi dinding kaca ganda (*double skin construction*) dengan rongga udara (*cavity*) antara 35cm – 50cm¹ antara kaca luar dengan kaca dalam. Dinding kaca luar setebal 12 mm dari jenis kaca dengan transmisi tinggi (umumnya kaca bening), sedangkan kaca dalam dengan ketebalan 6cm–8cm merupakan jenis kaca *high performance glass*. Memiliki rongga udara menerus (*damper*) yang terbuka pada bagian bawah dan atas bangunan. Damper ini merupakan tempat masuknya udara untuk penghawaan pada bangunan. Mekanisme *double skin façade* ini dikontrol secara otomatis dengan sensor elektrik yang mendeteksi temperatur dan kecepatan angin. Pada waktu cuaca panas, damper elektrik akan membuka dan mendorong terjadinya efek cerobong (*stack* atau *stratification effect*) di dalam cerobong kaca. Panas transmisi yang terhimpun dari lapis kaca luar bersama dengan panas refleksi dari lapis kaca dalam dan faktor ketinggian tertentu akan mendorong terjadinya arus ventilasi vertikal (Priatman, 1999).

Besarnya *cavity* pada DSF terdapat beberapa kelas antara lain : dengan besaran kurang dari 50mm, 50 – 200 mm (biasanya diterapkan pada strategi *indoor air curtain*, contoh : *UCB research facilities*), 200 – 500 mm, 500 – 2000 mm (akses untuk orang bisa masuk ke dalamnya, contoh : *Brussimo*), *cavity* dengan besaran diatas 2000 mm (dengan atrium, contoh : *Commerzbank*) (Loncour, dkk, 2004).

Beberapa hal penting yang berpengaruh pada DSF apabila dikaitkan dengan aspek perlindungan panas dan silau matahari antara lain: shading, material coating dan bahan kaca yang berkaitan dengan jumlah panas yang diterima dan aspek refleksinya.

Penerapan shading dan kaca sangat berpengaruh pada DSF, penggunaan kaca refleksi menyebabkan silau dan panas berlebih pada bangunan. Begitu pula dengan penggunaan *coating*, secara psikologis *coating* bisa merefleksikan sehingga memberikan kesan terbagi antara bangunan dan lingkungan. Kaca refleksi dengan *solar heat gain coefficient*/SHGC rendah tidak memperoleh banyak cahaya alami. Seperti kaca transparan dengan transmisi cahaya 20% untuk jendela refleksi. Transmisi cahaya yang rendah tidak masalah apabila diterapkan di daerah dengan iklim yang memiliki cahaya matahari melimpah sepanjang tahun. Tetapi di Eropa dan Amerika Utara akan signifikan karena daerah tersebut selalu gelap dan mendung. Secara psikologis di daerah ini cahaya alami sangat diinginkan di siang hari dan kaca refleksi tidak sesuai dengan karakter yang dibutuhkan. Pada penelitian ini juga dijelaskan tentang persentase kaca efektif untuk perolehan panas pada bangunan/SHGC. Jika bangunan menggunakan persentase kaca transparan yang sangat tinggi maka kaca tersebut harus memiliki SHGC yang rendah untuk mengurangi panas matahari. Tapi pada kenyataannya, bangunan banyak yang menggunakan warna yang gelap atau lapisan refleksi. Pemilihan warna selubung bangunan dan lapisan refleksi mengurangi transmisi cahaya. Seharusnya diterapkan kaca dengan menggunakan SHGC yang rendah untuk menerima radiasi panas matahari tetapi memaksimalkan jarak penglihatan dan hal ini sangat berguna pada musim dingin untuk perolehan panas matahari. DSF dengan menggunakan ventilasi yang bisa bergerak yang diletakkan pada bagian belakang kaca merupakan cara yang ideal dan tentunya dengan tetap mempergunakan kaca yang sesuai. Pada saat perolehan panas sedikit, bisa dicapai dengan mengurangi persentase luas dinding yang berkaca, dan keuntungannya bisa mengurangi kehilangan panas pada musim dingin dan silau. DSF terdiri dari empat jenis antara lain :

- *Partitioned by storey* (yang dibedakan menjadi dua yaitu dengan modul *juxtaposed* dan *corridor type*). Tipe *Juxtaposed* memiliki ruang sirkulasi untuk berjalan kaki yang sangat besar, begitu pula dengan tipe koridor memungkinkan untuk *maintenance* pada DSF.

¹ Terdapat beberapa jenis jarak *cavity* (rongga udara), sesuai dengan tuntutan desain.

- *Shaft box type* : adanya sistem partisi dan *ducting* secara vertical untuk membantu di dalam *stack effect*.
- *Multi – storey type* : yang memadukan dengan DSF yang lainnya bisa dilihat dari penggunaan *cavity* yang tidak menggunakan partisi baik itu secara horisontal dan vertical. Ukuran *cavity* memungkinkan untuk perawatan dan sirkulasi manusia.
- *Multi storey louver type* : pada tipe *multy storey* ini menerapkan *louvers* horisontal pada lapisan fasade terluarnya.



a. *DSF tipe Juxtaposed modules*



b. *DSF tipe coridor*

Gambar 1. Tipe DSF *partition by storey*



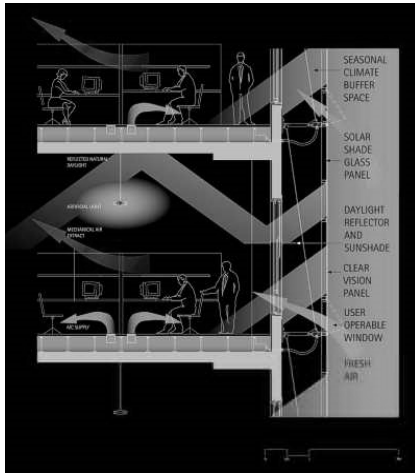
a. Cavity pada shaft box

b. Bentuk cavity tanpa partisi dari masing-masing lantai

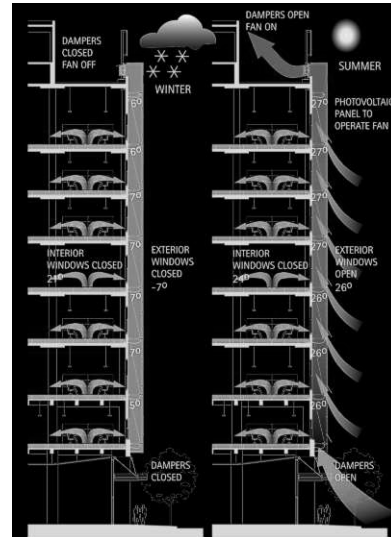


c. Bentuk louvers dilihat dari celah/cavity dan eksteriornya.

Gambar 2. Shaft box type (a), Multi-storey type (b), Multi-storey louvers (c).



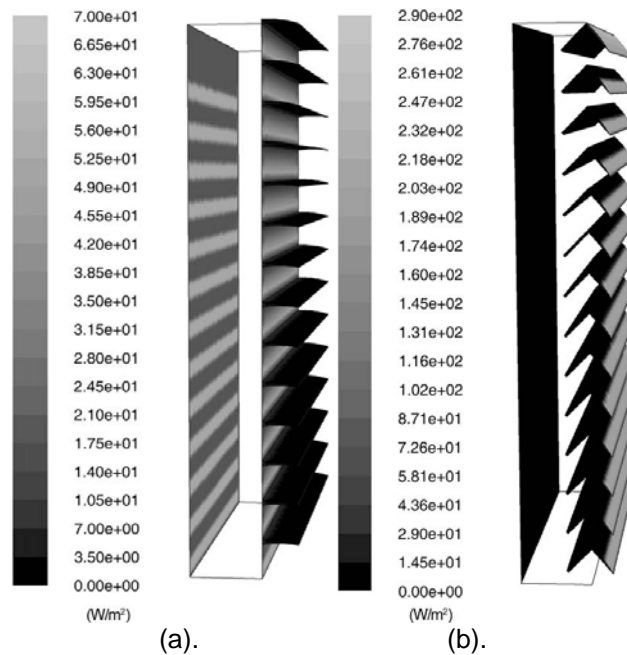
Gambar 3. Penggunaan *shading* untuk membantu memantulkan sinar matahari ke dalam ruangan, http://greenbuilding.ca/gbc2k/teams/canada/telus/images/telus_tp_wll_sct.jpg



Gambar 4. Prinsip Kerja Double Skin Façade di daerah empat musim.

http://greenbuilding.ca/gbc2k/teams/canada/telus/images/telus-climate_env-b.jpg

5. CONTOH STUDI KASUS PENERAPAN DOUBLE SKIN FAÇADE DI ITALI²



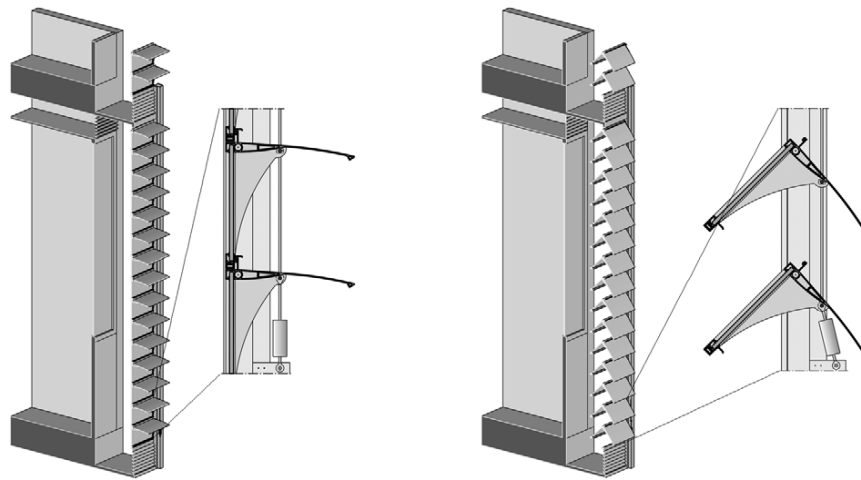
Gambar 5. (a). Absorsi radiasi matahari (W/m^2) melalui bidang permukaan transparan pada musim dingin (15 January, 12:00, central Italy); (b). Absorsi radiasi matahari (W/m^2) melalui bidang permukaan transparan pada musim panas (15 July, 12:00, central Italy).

² Baldinelli G., 2009, "Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system", Italia, Building and Environment Journal - University of Perugia, Via Duranti, Perugia.

Italia merupakan suatu negara di Eropa yang memiliki iklim sub tropis lembab. Iklim lembab subtropis (Koppen) adalah sebuah zona iklim ditandai dengan panas - lembab pada musim panas dan musim dingin yang sejuk.

Penelitian yang dilakukan dari studi kasus Itali ini adalah terjadi akibat pemakaian DSF di daerah beriklim hangat pada saat musim panas, dimana DSF ini ternyata menimbulkan efek yang terlalu panas pada ruangan sehingga beban pendingin menjadi tinggi. Untuk itu kemudian dikembangkan fasade baru dengan bentuk shading yang bisa bergerak dan bisa diatur secara manual (diubah menjadi konfigurasi bentuk yang terbuka pada bagian luarnya). Bentuk shading ini memungkinkan untuk diterapkan pada musim dingin dan musim panas serta membantu di dalam mencegah efek rumah kaca karena shading eksternal bisa dibuka.

Dari simulasi CFD yang dilakukan pada beberapa model uji dengan pengujian sinar matahari pada musim panas dan musim dingin, menunjukkan bahwa bentuk fasad ini menunjukkan hasil kinerja yang baik pada masing-masing bulan di musim panas ataupun di musim dingin.



Gambar 6. DSF dengan penerapan *shading* terluar membantu pada saat musim dingin dan musim panas.

Penelitian ini memperhatikan transmisi panas yang diterima tiap bulan, dan transmisi dari uji material kaca yang dipergunakan. Total panas yang diterima pada musim dingin dengan penggunaan DSF yang direkomendasikan adalah 56,9kWh/m² dalam setahun, dengan glazed façade penerimaan panas sebesar 166 56,9kWh/m² dalam setahun. Sedangkan pada musim panas, panas yang diterima adalah sebesar 10,3 kWh/m² setahun. Dimana pada musim dingin pelindung tersebut akan ditutup dan jika musim panas *shading* akan dibuka.

6. PERSYARATAN *DOUBLE SKIN FAÇADE* UNTUK DITERAPKAN DI DAERAH TROPIS LEMBAB

Persyaratan tentang studi penggunaan shading dengan menggunakan tabir matahari pada penelitian di Italia hampir sama dengan cara penanggulangan sengat silau dan panas di daerah iklim tropis lembab seperti di Indonesia. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan apabila DSF diterapkan di daerah beriklim tropis lembab dan beberapa penjelasan di bawah ini merupakan kriteria yang telah diteliti sebelumnya tentang penerapan façade yang sesuai di iklim tropis lembab baik dalam penanggulangan sengat silau dan pemanfaatan cahaya matahari.

Memperhatikan daerah bayang-bayang matahari pada daerah bukaan / jendela.

Penerapan *DSF* di daerah tropis lembab sangat perlu memperhatikan bagaimana iklim setempat. Baik itu pergerakan matahari, arah angin, serta terkait dengan penanggulangan silau, seperti : *shading* dan pemilihan jenis lapisan (*coating*) pada kaca maupun rasio lebar bukaan jendela terhadap dinding akan menjadi aspek pertimbangan dalam mendesain *DSF* di daerah tropis lembab. Berbeda halnya dengan daerah empat musim, di Indonesia sengat silau cahaya matahari sangat berpengaruh di dalam perancangan *DSF*.

Arah datangnya cahaya matahari perlu diperhatikan karena cahaya matahari disamping memberi terang juga memberi panas. Dan hal yang diusahakan adalah mendapatkan terangnya dan sekaligus juga mengurangi atau menolak panasnya. Oleh karena itu sedapat mungkin kita harus mendapatkan bukan cahaya langsung, melainkan cahaya pantulan atau cahaya bias. Untuk mendapatkan cahaya pantul atau bias ini maka diperlukan untuk meletakkan lubang cahaya pada daerah bayang-bayang. Sinar matahari yang jatuh di permukaan kaca akan merambatkan panas ke dalam ruangan sebesar 80 – 90%. Hal ini bisa diterapkan pada rancangan bangunan yang memang menginginkan terang dan panas yang maksimum dalam ruang. Pemasangan tabir sebelah dalam akan mengurangi masuknya rambatan panas dari sinar matahari sehingga tinggal 30 – 40% saja. Sehingga bisa diperoleh terang dari sinar yang dipantulkan oleh tabir matahari, ruang di dalam menjadi nyaman dalam penyinaran dan kehangatan suhu. Namun, berbeda halnya dengan pemasangan tabir matahari disebelah luar, pemasangan tabir jenis ini dikatakan mampu menolak panas matahari secara sempurna karena panas yang dirambatkan hanya 5-10% saja. Dan penerangan diperoleh dari sinar matahari pantul melalui tabir matahari. Sebaiknya tabir matahari menggunakan warna yang terang sehingga derajat terang sinar pantul yang terjadi masih cukup besar dan mampu menerangi ruangan. Tabir matahari berbentuk jalusi – tegak yang dapat berputar (*movable vertical louvers*) memungkinkan dilakukan penyesuaian terhadap arah jatuhnya sinar matahari secara horizontal. Bahkan jalusi ini bisa dirapatkan sehingga menutup total lubang cahaya yang bersangkutan.³ Penggunaan peneduh eksternal seperti sirip /tabir (*louvers*) vertikal memiliki koefisien peneduh (*shading coefficient/SC*) sebesar 0,2 – 0,6. Sedangkan *overhang* horisontal memiliki koefisien peneduh sebesar 0,1 - 0,6. Dalam penerapan *DSF* cavity dari masing-masing lantai bisa berperan sebagai *overhang*. Dari nilai *SC* tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil angka koefisien peneduh, semakin kecil juga radiasi matahari memasuki jendela.⁴

Dan penerapan sirip vertikal (*lovers vertical*) dengan sistem *movable shading* dan desain cavity akan membantu di dalam pengaturan cahaya matahari ke dalam ruangan. Dalam penerapan *DSF* di Indonesia tentunya perhatian terhadap orientasi bangunan terhadap arah datangnya cahaya matahari akan berpengaruh terhadap desain *DSF* (arah timur dan barat).

Memperhatikan dimensi dan ketinggian jendela pada bidang dinding (*window to wall ratio/WWR*).

Dari beberapa diagram tentang terang gelap akibat dimensi ketinggian jendela yang dibahas oleh Soetiadji, diketahui bahwa penurunan ketinggian jendela dari ukuran 4,2m ke 3,6m (dengan kedatangan matahari di satu sisi/kiri), dengan kedalam ruang 8,4m, maka pada sisi non jendela akan terjadi pengurangan derajat terang sebesar 19%. Ini menunjukkan bahwa penurunan dimensi jendela sebesar 15% menyebabkan penurunan derajat terang sebesar 19%. Bila dimensi diturunkan dari 4,2m menjadi 3m, maka pada

³ Soetiadji Soepadi S., 1997, *Anatomi Utilitas*, Jakarta: Djambatan, hlm: 13-14.

⁴ Lechner Norbert, 2007, *Heating, Cooling, Lighting, Metode Desain Untuk Arsitektur - Edisi Kedua*, Jakarta, PT. Rajagrafindo Persada, hlm : 275.

daerah non jendela akan terjadi penurunan derajat terang sebesar 38%. Dan dengan penurunan dimensi jendela dari 4,2m ke 2,4m, maka pada daerah non jendela terjadi penurunan derajat terang sebesar 63%. Pencahayaan alami pada ruangan yang memiliki lubang cahaya pada kedua sisinya akan lebih baik dibandingkan dengan satu sisi. Dalam pencahayaan dua sisi, apabila lubang cahaya diturunkan dari 4,2m menjadi 3m, maka daerah tengah ruangan akan mengalami pengurangan derajat terang sebanyak 8,5%. Dan apabila ketinggian lubang cahaya tersebut diturunkan dari 4,2m menjadi 3m, maka derajat terang bagian tengah ruangan mengalami penurunan sebesar 25%. Dengan ketinggian lubang cahaya hanya 2,4m, bagian tengah menjadi gelap dan berkurang 44%.⁵

Selain dimensi ketinggian jendela, dimensi lebar jendela juga sangat mempengaruhi derajat terang pada ruang. Pada ruangan dengan tinggi 3,6m, jarak ruang dalam 7,2m dengan lebar jendela 10,8m akan terjadi penurunan tingkat terang sebesar 7% apabila lebar jendela diperkecil menjadi 8,4m. Jika lebar jendela dibuat 6m, maka akan terjadi penurunan tingkat terang sebesar 25%.⁶

Dari studi kasus DSF yang ditemui persentase penggunaan *glazing* (WWR) pada bangunan mencapai 40% dan bahkan sampai 100%. Persentase dari masing-masing sisi akan berbeda-beda tergantung dari arah datangnya matahari. Hal ini menimbulkan desain fasad yang berbeda-beda dari tampilannya. Tetapi ada pula yang menerapkan 100% *full glazing façade* dari berbagai sisi, untuk itu dalam penanggulangan sengat silau matahari bisa dilakukan dengan pemilihan jenis *glazing* yang dipergunakan.⁷

Apabila WRR pada DSF antara rentang 40% sampai dengan maksimal 100% *glazing* diterapkan pada bangunan di Indonesia maka kemungkinan ini berpengaruh terhadap aspek lain di luar pencahayaan (berkaitan dengan sistem penghawaan pada bangunan). Walaupun penerapan *glazing* 100% pada bangunan kemungkinan bisa diterapkan dengan teknologi *spectrally selective low-e glazing*, namun ada baiknya kaidah bangunan tropis lembab di Indonesia diterapkan karena pertimbangan aspek lain di luar pemanfaatan pencahayaan alami dan penanggulangan sengat silau matahari. Dan ini kembali lagi ditentukan pula dengan fungsi bangunan dan desain yang diinginkan.

Memperhatikan *cavity*/rongga/celah pada DSF.

Karakteristik penanggulangan sengat silau matahari pada bangunan di iklim tropis salah satunya yaitu dengan memperhatikan overstek. Penggunaan overstek di atas jendela sangat berpengaruh terhadap penanggulangan sengat silau matahari dan derajat terang terhadap pencahayaan di daerah belakang ruang. Walaupun overstek mempunyai manfaat dalam menanggulangi sengat silau matahari, akan tetapi akan berdampak mengurangi pencahayaan di dalam ruang. Semakin besar overstek maka semakin besar pula pengurangan derajat terang terhadap ruangan. Sebagai contoh dalam suatu ruangan dengan ukuran tinggi 3,6m dan kedalam ruang 7,2m, dengan overstek 1,2m akan mengurangi derajat terang sebesar 24% pada sisi jendela dan 15% pada sisi non jendela. Jika overstek diperpanjang menjadi 1,8m pengurangan derajat terang dalam ruangan akan semakin tinggi (berkurang 39% pada sisi jendela dan 22% pada sisi non jendela. Contoh ini merupakan penerapan overstek pada salah satu sisi. Apabila overstek diterapkan pada dua sisi bangunan maka dengan ukuran ruang yang sama dengan overstek 0,6m berkurangnya derajat terang sebanyak 8%. Apabila overstek ditambah menjadi 1,2m maka pengurangan derajat terang semakin meningkat menjadi 19%.⁸

Namun, pada penggunaan DSF bidang yang berperan sebagai overstek adalah *cavity* atau rongga udara pada desain fasade itu sendiri. Sehingga dalam hal ini jarak *cavity*

⁵ Ibid, hlm: 22-23.

⁶ Ibid, berdasarkan diagram terang gelap dimensi lebar jendela, hlm : 25.

⁷ Michael Wigginton, Jude Harris, *Intelligent Skins*, Italia, Architectural Press, 2002, hlm : 49-168.

⁸ Ibid, berdasarkan diagram terang gelap dimensi overstek di atas jendela, hlm : 26-28.

atau rongga tersebut sangat berperan di dalam penanggulangan sengat silau matahari (disamping penggunaan bayang-bayang matahari). *Cavity* atau celah tersebut bisa sekaligus dimanfaatkan untuk perawatan (*maintenance*) bangunan. Sehingga jarak dari *Cavity* hendaknya memungkinkan untuk sirkulasi orang untuk bisa melalui. Sesuai dengan tipe *cavity* maka rentang jarak *cavity* untuk sirkulasi adalah 50cm – 200 cm. Apabila rongga yang dibuat dengan maksimal lebar 2m, maka perlu diperhatikan bagaimana sudut jatuh matahari, sehingga diperlukan bantuan untuk penerangan yang merata agar mencapai bagian terdalam bangunan. Beberapa hal yang bisa dilakukan adalah dengan membuat bidang pantul / shading pada bagian dalam (interior bangunan) sehingga bisa diperoleh cahaya pantul untuk penerangan di dalam bangunan. Jarak *cavity* yang lebar memungkinkan pengaturan *DSF* lapisan kaca bagian terluar. Khusus daerah beriklim tropis lembab sangat perlu diperhatikan bagaimana pemasangan daerah bayang-bayang matahari seperti jalusi atau tabir horisontal. Disinilah fungsi *cavity* untuk membantu dalam pengaturan bukaan jalusi atau tabir matahari. Dilihat dari jenis *DSF* yang ada maka tipe yang sesuai dengan karakteristik daerah tropis lembab adalah tipe *DSF multi-storey louvers type*. Namun, dengan penggunaan *louvers* tegak lurus dan bersifat *movable* sehingga bisa diatur bagaimana arah datangnya sinar matahari dari masing-masing bulan.

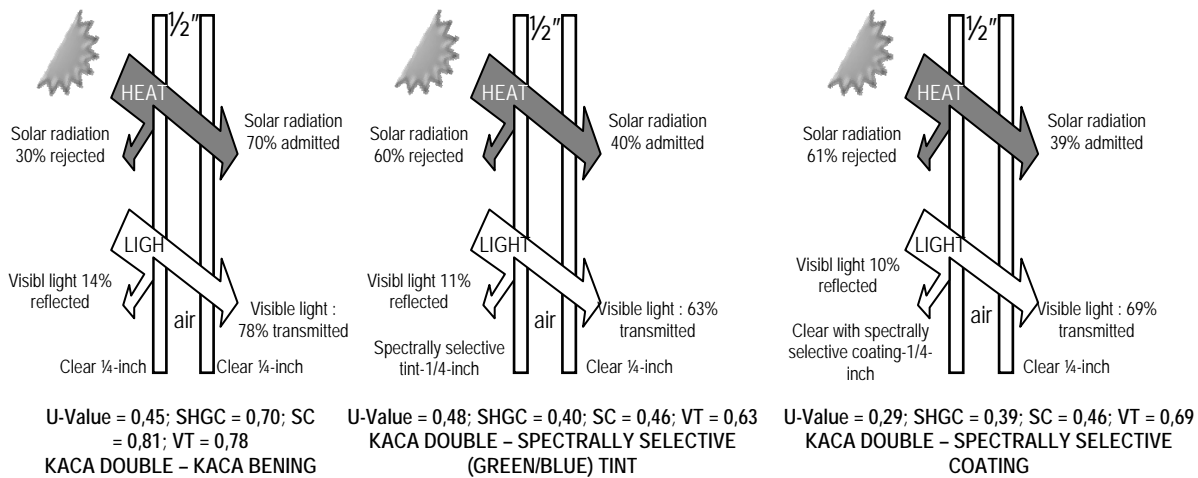
Memperhatikan jenis kaca yang dipergunakan : *shading coefficient/SC*, *solar heat gain coefficient/SHGC*.

Berdasarkan penelitian oleh Anik Juniwati dan Artaryama dikatakan bahwa selubung bangunan dengan luasan kaca yang sangat besar berpengaruh terhadap pencahayaan alami dan perolehan panas pada bangunan. Dan penelitian tersebut dibahas pula mengenai rasio luasan kaca terhadap dinding (*window to wall ratio/WWR*) 30% yang diteliti oleh Soegijanto dan Soebarto, maka pengaruh pembayangan akan menurunkan 20% penggunaan energi dan pemakaian kaca ganda bisa menurunkan penggunaan energi sebesar 5%. Soegijanto mendapatkan pembayangan pada *WWR* 20% tidak akan berpengaruh sama sekali dan jika *SC* (*shading coefficient*) hanya 0,38, adanya pembayang justru akan menaikkan energi bangunan hingga 2–2,5%. Sementara pada kaca biasa dengan *WWR* 40-60% pembayangan akan mengurangi 8–10% energy bangunan.⁹ Ini berarti panas yang diperoleh semakin kecil.

Masih dalam penelitian yang sama, dibahas pula tentang penggantian kaca dengan *SC* 0,98 dengan kaca berkualitas peneduh baik / *SC* 0,67 pada *WWR* 20% tidak akan berpengaruh. Namun, *WWR* 40% energy akan berkurang 7,5% dan *WWR* 60% energy berkurang lebih banyak lagi 10-12,5%. Apabila diganti dengan kaca yang mempunyai kualitas peneduh sangat baik (*SC* 0,38) maka kebutuhan energi akan berkurang 4% pada *WWR* 40%, dan berkurang hingga 7,5 – 10% pada *WWR* 60%, namun pada *WWR* 20% energy justru naik 2 – 2,5%. Dari hasil penelitian ini penambahan luas kaca tanpa pembayangan atau tanpa pemilihan kaca yang tepat justru akan memperbesar konsumsi energi pada bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa dalam bangunan walaupun telah dilakukan pembayangan sangat perlu diperhatikan pula jenis kaca yang dipergunakan. Pada *DSF* persentase *WWR* bisa mencapai 40% sampai dengan 100% hal ini menyebabkan persentase cahaya matahari lebih banyak masuk ke dalam ruangan, dengan pemakaian elemen pembayangan dan kaca bernilai *SC* tinggi akan mendapatkan pencahayaan alami yang lebih tinggi. Namun, penerapan *WWR* pada *DSF* jika diterapkan di Indonesia tentunya tidak akan menjadi masalah apabila diterapkan dengan persentase glazing 40% ataupun 100%. Karena telah ada teknologi kaca *spectrally*

⁹ Juniati Santoso A., Antaryama IGN., *Konsekuensi Energi Akibat Pemakaian Bidang Kaca Pada Bangunan Tinggi di Daerah Tropis Lembab*, Surabaya, Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 33, No. 1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra & Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2005.

selective coating dengan nilai U-value 0,29, SHGC 0,39, SC 0,46, dan VT 0,69. Jenis kaca ini merupakan kaca yang bisa memantulkan sinar inframerah dari cahaya matahari namun tetap bisa memanfaatkan cahaya alaminya.



Gambar 7. Karakteristik Perolehan Cahaya Alami Pada Penggunaan Kaca Double menurut John Carmody.¹⁰

Visible Transmittance (VT) menunjukkan banyaknya faktor cahaya yang melalui lapisan kaca. Angka ini bervariasi tergantung dari jenis kaca yang dipergunakan. Agar menghasilkan cahaya alami yang dingin di dalam ruang namun sinar yang melimpah maka nilai VT harus tinggi dan transmisi radiasi panas sinar matahari harus rendah. Sedangkan koefisien penambah panas matahari (SHGC/*Solar Heat Gain coefficient*) merupakan faktor yang menunjukkan banyaknya total radiasi matahari baik yang terlihat dan infra merah matahari yang melalui lapisan. Apabila VT dibandingkan dengan SHGC (VT/SHGC) maka akan diperoleh tingkat kesejukan cahaya yang ditransmisikan yang disebut dengan *light-to solar heat gain* (LSG). Apabila nilai LSG tinggi maka cahaya yang masuk akan semakin sejuk. Kaca berwarna memiliki nilai LSG rendah karena menutupi cahaya yang terlihat dan panas matahari yang besar. Tabel dibawah ini merupakan tabel yang menjelaskan tentang penggunaan jenis glazing ganda dan tingkat LSG dari berbagai sistem pelapis kaca ganda.

Tabel 1. Rasio Light-to-Solar-Gain (LSG) untuk Berbagai Macam Sistem Pelapis Kaca

Tipe kaca	Visible Transmittance (VT)	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Light-to-Solar-Gain Ratio (LSG)
Glazing ganda			
Bening	0,82	0,75	1,20
Merah tua	0,62	0,60	1,03
Memantul	0,20	0,16	1,25
Spectrally selective	0,70	0,46	1,52

Sumber : Lechner, *Heating, Cooling, Lighting, Metode Desain Untuk Arsitektur - Edisi Kedua*, hlm : 422.

¹⁰ Mary Guzowski, *Daylighting For Sustainable Design*, Amerika, McGraw-Hill, 1999, hlm: 253.

Berikut ini adalah contoh cahaya alami yang diterima suatu bangunan dengan menggunakan kaca *spectrally selective coating low e-glazing: triple-silver-coated-glass*. Merupakan jenis kaca terbaru yang mampu panas dan sinar infra merah sebesar 73% dan VT yang diperoleh sebanyak 64% (Lihat Gambar 1.9).



Gambar 8. Bangunan St. Thomas More Hospital, Canon City, Colo., US.

Sumber : [http://www.bdcnetwork.com/article/376421-](http://www.bdcnetwork.com/article/376421-Spectrally_selective_glazing_More_daylight_less_heat_gain.php)

[Spectrally_selective_glazing_More_daylight_less_heat_gain.php](http://www.bdcnetwork.com/article/376421-Spectrally_selective_glazing_More_daylight_less_heat_gain.php)

7. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi di atas maka penerapan *double skin façade* (DSF) tidak lepas dari pengaruh iklim dan aspek penyinaran matahari di Indonesia. Elemen pembayang seperti halnya penelitian yang dilakukan di Italia menjadi aspek yang penting apabila diterapkan di iklim tropis lembab – Indonesia. Pemasangan tabir matahari (lovers) secara horizontal dan jalusi vertical, merupakan aspek pembayang untuk menghalau sinar matahari secara langsung, sehingga tidak menimbulkan silau pada bangunan.

Pengaruh WWR (*window to wall ratio*), posisi ketinggian dan lebar jendela akan berpengaruh terhadap tingkat terang yang diperoleh. Dalam penerapannya penempatan bukaan akan baik diletakkan pada dua sisi dibandingkan hanya pada satu sisi. Karena pencahayaan alami yang diperoleh akan semakin tinggi dan untuk memberikan kesan berhubungan langsung dengan lingkungan sekitar. Namun, dalam hal ini akan sangat perlu diperhatikan aspek lain seperti penanggulangan sengat silau matahari apabila menerapkan bukaan yang transparan dari berbagai sisi bangunan. Sehingga perlu dipikirkan jarak overstek (dalam studi DSF ini overstek diperankan oleh *cavity* atau rongga udara pada desain *façade*). Tuntutan perlunya *cavity* yang lebar untuk sirkulasi dan maintenance gedung ataupun pengoperasian fasade dengan bentuk jalusi ataupun tabir horizontal, akan berpengaruh pada pemanfaatan pencahayaan matahari ke dalam ruang. Hal ini memerlukan penggunaan bidang pantul agar pencahayaan alami bisa mencapai ke dalam ruangan.

DSF identik dengan WWR yang besar (dari 45% sampai dengan 100%) sehingga menyebabkan persentase cahaya matahari masuk lebih banyak ke dalam ruangan sehingga sangat diperlukan elemen pembayang dan penggunaan kaca dengan *shading coefficient* tinggi untuk penanggulangan sengat silau matahari dan sekaligus untuk mengoptimalkan pemanfaatan pencahayaan alami.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Baldinelli G., 2009, "*Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system*", Italia, Elsevier Building and Environmet Journal, Department of Industrial Engineering, University of Perugia, Via Duranti. <http://www.crbnet.it/File/Pubblicazioni/pdf/1435.pdf>
- Boyce Peter, Hunter Claudia, Howlett Owen, *The Benefits of Daylight through Window*, New York, Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute, 2003, hlm: 2.
- Juniwati Santoso, A., Antaryama, I G.N., 2005, *Konsekuensi Energi Akibat Pemakaian Bidang Kaca pada Bangunan Tinggi di Daerah Tropis Lembab*. Surabaya: Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 33, No. 1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra & Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lechner Norbert, 2007, *Heating, Cooling, Lighting, Metode Desain Untuk Arsitektur - Edisi Kedua*, Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Loncour X., Deneyer A., Blasco M., Flamarit G., Wouters P., 2004, *Ventilated Double Facades, Classification & illustration of façade concepts*, Belgia: Belgian Building Research Institute.
- Mary Guzowski, 1999, *Daylighting For Sustainable Design*, Amerika: McGraww-Hill.
- Michael Wigginton, Jude Harris, 2002, *Intelligent Skins*, Italia: Architectural Press.
- Peter Boyce Peter, Hunter Claudia. Howlett Owen, 2003, *The Benefits of Daylight through Windows*. New York, Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute.
- Priatman, J., 1999, "*Fasade Kaca Pintar*" - *Teknologi Inovatif Bangunan Tinggi Hemat Energi*. Surabaya: Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 27, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Kristen Petra.
- Satwiko, P, 2009, *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Soetiadji Soepadi S., 1997, *Anatomi Utilitas*, Jakarta: Djambatan.
- http://gaia.lbl.gov/hpbf/techno_c1.htm, 2010.
- http://greenbuilding.ca/gbc2k/teams/canada/telus/images/telus_tp_wll_sct.jpg, 2010.
- http://greenbuilding.ca/gbc2k/teams/canada/telus/images/telus-climate_env-b.jpg, 2010.
- http://www.bdcnetwork.com/article/376421-Spectrally_selective_glazing_More_daylight_less_heat_gain.php, 2010.

Shading Sebagai Elemen Pendukung Pencahayaan Alami Pada Iklim Tropis

Yusak Setiabudi Hendryatno

Pusat Studi Energi

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

E-mail : yusak_setiabudi86@yahoo.com

ABSTRAK

Sun shading is a fundamental strategy of building in the context of natural lighting in addition to controlling aspects of building form, orientation and location of openings. Shading is an exterior protective device is most effective for controlling the flow of incoming sunlight while reducing direct solar radiation before it hits the openings in the building, and reducing material can be hot. For indoor and outdoor shading can also provide spatial definition and emphasized architectural character. Sat shading is closely related to visual comfort and thermal comfort.

Keywords : shading, daylighting

1. PENDAHULUAN

Daylight merupakan sumber daya alam yang tersedia secara gratis. Banyak alasan telah ditawarkan untuk memaksimalkan cahaya matahari ke bangunan seperti konservasi energi, kesehatan, respon psikologis, dan keyakinan bahwa cahaya matahari ini tidak akan habis. Menurut suatu penelitian yang sebagian besar berasal dari negara di Eropa (sebagai sampel) dimana memiliki langit berawan yang minimal. Dikatakan pula daylighting kurang cocok untuk daerah tropis dimana langit berawan dan cahaya matahari yang memancar langsung, sehingga menimbulkan masalah kesilauan dan thermal.¹

Ini berarti bahwa desain siang hari tidak praktis untuk daerah tropis tanpa shading untuk menahan radiasi matahari langsung. Dengan kata lain, pengaruh *shading* sangat penting untuk desain pencahayaan alami bangunan di iklim tropis.

Di daerah beriklim tropis lembab seperti di Indonesia, matahari menyediakan cahaya yang berlimpah, sekaligus memberikan panas ataupun *glare* yang kerap dianggap sebagai gangguan. Oleh karena itu disamping perlunya memaksimalkan cahaya matahari, gangguan yang berasal dari matahari ini sangat perlu untuk diminimalkan.²

Dalam mendesain fasad rumah tinggal, maka tidak lepas dari pertimbangan-pertimbangan kondisi iklim tropis dan lingkungan sekitar. Bentuk pembayangan fasade ini merupakan upaya dalam mengantisipasi iklim tropis untuk mencapai kondisi termal dan visual yang nyaman dalam bangunan.

Dalam mendesain *shading* pada fasad bangunan sebaiknya dipertimbangkan agar dapat diatur sesuai kebutuhan akan cahaya terang langit seoptimal mungkin, namun tanpa mengabaikan fungsinya dalam menghambat masuknya panas matahari kedalam. Tujuan dari penulisan jurnal ini adalah untuk mengetahui jenis *shading* yang dapat digunakan pada iklim tropis lembab.

¹ Chia-Peng Chou. The Performance of Daylighting with Shading Device in Architecture Design. *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol. 7, No 4, pp. 205_212 (2004)

² Satwiko, P., 2009, Fisika Bangunan, Yogyakarta: Penerbit Andi

2. KAJIAN PUSTAKA

Kelebihan Dan Kekurangan Cahaya Alami:³

Cahaya matahari memiliki potensi yang sangat perlu dimaksimalkan karena memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut:

- Bersifat alami, karena pada dasarnya manusia selalu ingin berada dekat dengan alam. Cahaya matahari secara alami memiliki nilai fisik dan spiritual yang tidak tergantikan oleh cahaya buatan apapun.
- Tersedia secara gratis dan berlimpah dan terbarukan (artinya cahaya matahari tidak akan habis).
- Memiliki *spectrum* cahaya yang lengkap, yang selain berfungsi untuk kejelasan visual juga memiliki fungsi kesehatan seperti: menyediakan vitamin D, penyerapan kalsium yang baik, serta metabolisme dan sekresi hormonal yang baik.⁴
- Dinamis. Arahnya yang selalu berubah sesuai rotasi maupun revolusi, serta intensitas cahaya yang berubah-ubah (tergantung awan dan aspek lain) memberikan efek gelap terang yang berkesan alami dan dinamis.

Disamping kelebihan, matahari tentunya memiliki kekurangan, yaitu:

- Pada bangunan berlantai banyak yang tambun (bentang yang lebar) dan berdenah rumit, maka menjadi sulit untuk memanfaatkan cahaya matahari.
- Intensitasnya berubah-ubah dan sulit diatur. Bias sangat menyilaukan (khususnya untuk wilayah yang memiliki langit yang berawan) ataupun redup.
- Kerap kali membawa panas turut masuk bersama cahaya

Kesilauan (*Glare*)⁵

Silau adalah kesulitan melihat di hadapan cahaya terang seperti seperti sinar matahari atau cahaya buatan. Silau disebabkan oleh rasio pencahayaan yang signifikan antara kegiatan (mata) dan sumber cahaya. Faktor-faktor seperti sudut antara mata dan sumber cahaya dan kemampuan adaptasi mata memiliki dampak signifikan pada kesilauan.

Glare secara umum dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu: *discomfort glare* and *disability glare*. *Discomfort glare* adalah hasil keinginan naluriah untuk melihat jauh dari sumber cahaya yang terang atau kesulitan dalam melihat suatu hal. Sedangkan *disability glare* terjadi apabila melihat yang tidak dapat dilihat secara langsung (terlalu terang) seperti melihat matahari secara langsung. Bila silau begitu kuat hingga penglihatan benar-benar terganggu, kadang-kadang disebut sebagai *dazzle*.

Glare yang disebabkan oleh pencahayaan alami disebabkan oleh:⁶

- Tingkat pencahayaan yang tinggi dari radiasi matahari langsung atau dari kubah langit (ketika cahaya terang tersebut tertangkap mata pengamat)
- Refleksi cahaya sekunder dari permukaan internal dan eksternal, yang dicirikan oleh faktor refleksi yang tinggi.

Thermal Comfort dan Visual Comfort

Kenyamanan termal adalah perasaan dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya. Jadi *thermal comfort* tidak dapat diukur dari temperatur udara tapi jumlah individu yang merasa nyaman dengan temperatur lingkungan tersebut.

³ Satwiko, P., 2009, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Penerbit Andi

⁴ Erik Andre, 2002, *Daylighting by Optical Fibre*, Department of Environmental Engineering.

⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Glare_%28vision%29

⁶ Laura Bellia. *Daylight Glare: A Review Of Discomfort Indexes*

Hal-hal yang mempengaruhi kenyamanan termal, antara lain:⁷

- Temperatur udara di sekeliling individu. Bisa dikatakan salah satu faktor utama.
- Radiant temperature, yaitu panas yang beradiasi dari objek yang mengeluarkan panas. Temperatur *radiant* lebih memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan temperatur udara dalam bagaimana kita melepas atau menerima panas dari atau ke lingkungan.
- Kecepatan angin dapat membantu mendinginkan ruang apabila suhu angin dari luar lebih rendah dari suhu ruangan.
- Kelembaban relatif, yaitu perbandingan antara jumlah uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang udara bisa tampung pada temperature tersebut. Lingkungan yang mempunyai kelembaban relatif tinggi mencegah penguapan keringat dari kulit.
- Insulasi pakaian. Pakaian menghalangi kita dalam menghilangkan panas tubuh ke lingkungan. *Thermal comfort* sangat dipengaruhi oleh efek insulasi pakaian yang kita kenakan.
- *metabolic rate*, adalah panas yang diproduksi di dalam tubuh kita sepanjang kita beraktivitas. Semakin banyak kita melakukan aktivitas fisik, semakin banyak panas yang dihasilkan.

Visual Comfort umumnya dikaitkan dengan tersedianya intensitas cahaya yang cukup dan merata sehingga kejelasan visual dapat dicapai. Meratanya penyebaran cahaya dan indeks kesilauan tertentu juga merupakan aspek yang penting dalam tercapainya kenyamanan visual.

Di samping tingkat kenyamanan, kebutuhan iluminasi (penerangan) yang diperlukan oleh masing-masing individu sangat bervariasi tergantung pada kerumitan kerja mata. Makin rumit pekerjaan maka intensitas cahaya yang dibutuhkan makin besar. Sebagai contoh: pada waktu melakukan kerja biasa manusia memerlukan iluminasi sebesar 100 lux dengan toleransi indeks kesilauan 28, namun pada saat kerja luar biasa keras dengan detail kecil (seperti pembuatan instrument kecil) memerlukan iluminasi yang jauh lebih besar, yaitu 2000-3000 lux, dengan toleransi indeks kesilauan hanya 10.⁸

Sun Shading

Banyak alasan mengapa shading sebagai alat pengontrol masuknya cahaya matahari (sekali-gus sebagai *thermal control*). Pada iklim yang hangat terlalu banyaknya cahaya matahari yang masuk (yang tentunya membawa radiasi panas) akan meningkatkan beban pendinginan bangunan. Mengontrol masuknya cahaya alami akan menjadi sangat penting bila akan memanfaatkan pencahayaan alami ke bangunan.

Pengondisian cahaya matahari dan pemakaian shading yang baik akan membantu bangunan dalam pendinginan bangunan (untuk iklim hangat) sekali-gus memaksimalkan potensi *daylight* ke interior bangunan. *Sun shading* dan control visual yang baik juga dapat meningkatkan kenyamanan visual dengan mengontrol tingkat kesilauan dan kontras. Hal ini biasanya meningkatkan tingkat kepuasan dan produktivitas *occupant*. Disamping aspek fungsional, *sun shading* juga memungkinkan untuk memberikan fasad yang unik dan memiliki kekhasan dengan bangunan lain di sekitarnya.⁹ Desain *shading* yang efektif tergantung pada orientasi matahari terhadap fasad bangunan.

Secara umum, pengontrolan pembayangan cahaya matahari dapat dihasilkan oleh elemen bangunan seperti:

- Elemen lansekap seperti vegetasi

⁷ <http://www.ccitonline.com>

⁸ Satwiko, P., 2009, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Penerbit Andi

⁹ <http://www.wbdg.org/resources/suncontrol.php>

- Elemen eksterior seperti overhang dan sirip (*fin*)
- Permukaan horizontal yang dapat memantulkan cahaya (*shelves*)
- *Low shading coefficient (SC) glass*
- Elemen interior menghalang silau seperti tirai atau *adjustable louvers*

Fungsi lain dari *sun shading* adalah membuat daerah pelindung untuk menghindari radiasi matahari langsung ke gedung sehingga suhu di dalam gedung akan berkurang dan ruangan menjadi lebih nyaman secara termal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menyusun materi penulisan ini, penulis menggunakan metodologi induktif, dimana penulis melakukan serangkaian studi literatur, terutama pengumpulan data dari internet berupa artikel-artikel maupun jurnal terkait dengan *shading* untuk iklim tropis lembab khususnya agar dapat diaplikasikan di Indonesia.

4. HASIL DAN ANALISA

Strategi Pemakaian Shading (Exterior Devices)¹⁰

- Gunakan eksterior shading. Sistem *shading* eksterior biasanya lebih efektif daripada *shading interior* untuk menghalangi panas dan mendapatkan cahaya matahari.
- Desain bangunan untuk meneduhi bangunan itu sendiri. Mengatur jendela di bagian dinding yang lebih dalam atau memperluas elemen dari paduan kulit bangunan dengan fitur struktural dan *shading*.
- Gunakan shading horizontal untuk jendela selatan. Misalnya, *awning*, *overhang*, ceruk jendela. *Shading* horizontal juga berguna di sebelah timur dan barat.
- Gunakan bentuk vertikal di jendela timur dan barat. Sebagai contoh, sirip vertikal atau ceruk jendela juga berguna untuk menghambat cahaya matahari yang rendah pada pagi dan sore.
- Berikan barat dan selatan jendela naungan prioritas. Matahari pagi biasanya tidak panas yang serius mendapatkan masalah. Jika anggaran Anda terbatas, berinvestasi barat dan selatan hanya bayangan.
- Desain pelindung untuk bantuan silau juga. Menggunakan pelindung eksterior untuk mengurangi silau oleh sebagian penghuni menghalangi pandangan langit yang terlalu terang.
- Warna Shading mempengaruhi cahaya dan panas yang masuk. *shading* harus berwarna terang jika pengiriman baur diinginkan, dan berwarna gelap jika penurunan pemantulan cahaya dan panas diinginkan.
- Bayangan memodifikasi warna terang dan panas. Eksterior *shading* sistem harus ringan siang hari berwarna jika pengiriman baur diinginkan, dan berwarna gelap jika penurunan maksimum cahaya dan panas *gain* diinginkan.
- Shading tetap atau moveable. jika budget terbatas maka pergunakan *shading* tetap (*fixed*). Gunakan perangkat bergerak untuk penggunaan yang lebih efisien sekaligus memungkinkan penghuni penyesuaian; biaya pertama dan biaya pemeliharaan lebih tinggi dibandingkan dengan perangkat tetap.

Jenis-Jenis Shading¹¹

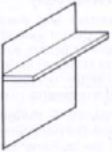
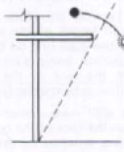
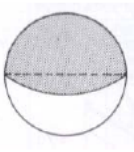
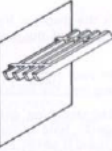
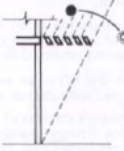
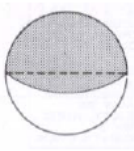
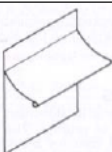
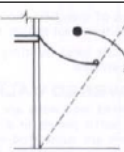
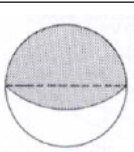
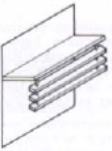
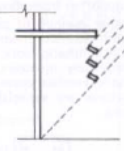
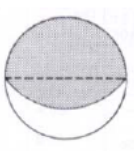
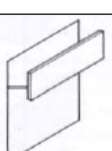
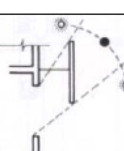
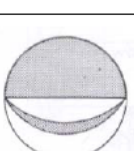
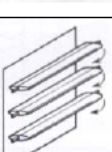
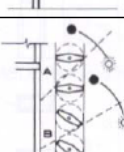
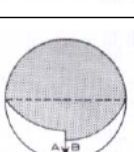
Ilustrasi berikut ini menunjukkan bentuk-bentuk dasar shading yang dikelompokkan menjadi jenis horisontal, vertikal, dan *eggcrate*. Garis putus-putus dalam diagram

¹⁰ Rubinstein dkk, 2006, *Tips for daylighting with windows: Shading strategy* (pages 5-1 to 5-5).

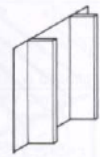
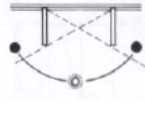
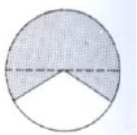

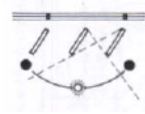
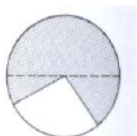

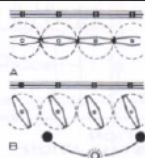
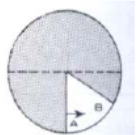
¹¹ Handouts for Passive Design Strategies. <http://www.scottsdaleaz.gov/greenbuilding>

menunjukkan sudut matahari pada saat 100% naungannya. Sebuah topeng pelindung untuk setiap perangkat ini juga ditunjukkan dengan 100% shading ditunjukkan oleh daerah abu-abu. Sebuah bayangan proyeksi bangunan seperti *overhang* dan membantu dalam menentukan efektivitas dari sebuah perangkat pelindung untuk suatu orientasi. Perangkat horizontal (*overhang*) akan menciptakan sebuah pola segmental; perangkat vertikal (sirip) menghasilkan pola radial dan perangkat bayangan horizontal dan vertikal dengan anggota (*eggcrate type*) akan membuat pola kombinasi.

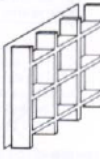
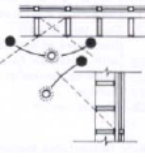
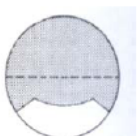
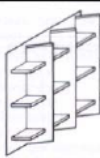
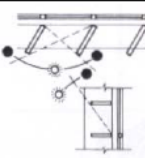
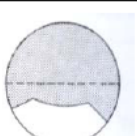

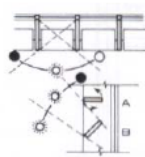
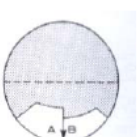
Tabel 1. *Shading Horizontal Type*

Horizontal Types			
Shading Device	Side View	Shading Masks	Comments
			<u>Straight overhangs</u> are most effective on southern exposure.
			<u>Louvers parallel to wall</u> allows hot air to escape and are most effective on southern exposure.
			<u>Awnings</u> are fully adjustable for seasonal conditions and most effective on southern exposure.
			<u>Horizontal louvers hung from solid overhangs</u> cuts out the lower rays of the sun. Effective on south, east and west exposures.
			<u>Vertical strip parallel to wall</u> cuts out the lower rays of the sun. Effective on south, east and west exposures.
			<u>Rotating horizontal louvers</u> are adjustable for daily and seasonal conditions. Effective on south, east and west exposures.

Tabel 2. *Shading Vertical Type*

Vertical Types			
Shading Device	Plan View	Shading Masks	Comments
			Vertical fins are most effective on the near-east, near-west and north exposures.
			Slanted vertical fins are most effective on east and west exposures. Slant toward north and separation from wall minimizes heat transmission.
			Rotating vertical fins are the most flexible and adjustable for daily and seasonal conditions. Most effective on east and west exposures.

Tabel 3. *Shading Eggcrate Type*

Eggcrate Types			
Shading Device	Plan & Side View	Shading Masks	Comments
			Eggcrate types are combinations of horizontal and vertical types. Most effective in hot climates on east and west exposures.
			Eggcrate with slanted vertical fins (slant toward north). Most effective in hot climates on east and west exposures.
			Eggcrate with rotating horizontal louvers. Most effective in hot climates on east and west exposures.

Menurut penelitian yang dilakukan di Jakarta (sebagai sampel iklim tropis) maka muncul beberapa klasifikasi sebagai berikut:¹²

¹² Dewi Larasati ZR.

Tabel 4. Klasifikasi Berdasarkan Parameter Kenyamanan

1. Sun Shading Characteristic Based on Comfortable Parameter			
Classification base	Classification detail	Characteristic	Characteristic base
Layout direction	Horizontal sun shading	Generally good to anticipate high sun-angle, especially in the East-West direction	<ul style="list-style-type: none"> Based on the sun shading placement direction with the ability of anticipating seasonal sun-angle (objective character).
	Vertical sun shading	Anticipate low sun-angle in the morning and evening (usually in the North-South direction)	
Shading capacity	Fixed	Anticipate daily sun-angle is not as good as dynamic sun shading	<ul style="list-style-type: none"> Based on classification relation to ability anticipating daily sun-angle (objective character)
	Dynamic	Very good in anticipating daily sun-angle if it can be adjusted automatically	
Shape	Solid	Able to block sun light, relevant to its dimension (good in glare control)	<ul style="list-style-type: none"> Relation to anticipate glare and the necessary of green area at the height (characteristic produced/ subjective) Relation to maintenance (objective) For non solid, based on scale, impact to view, interior and exterior, and composition & architectural proportion (subjective)
		Usually is implemented to get reflected light	
		Can be used as green area in higher place	
	Non- Solid	Cause to leak of unblocked sun light (less in glare control)	
		Large scale; generally, view is still free of sight and easier in maintenance	
		Small scale; covering view and more difficult in maintenance rather than large scale	

Tabel 5. Klasifikasi Berdasarkan Parameter Konsumsi Energi

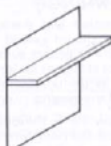
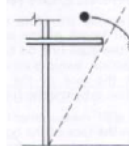
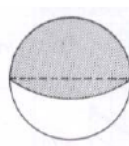
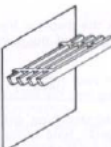
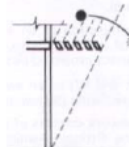
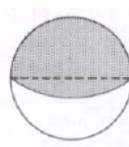
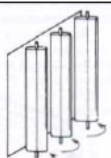
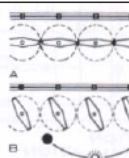
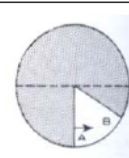
3. Sun Shading Characteristic Based on Construction Parameter			
Classification base	Classification detail	Characteristic	Characteristic base
Shading capacity	Fixed	Long life duty cycle, operational & maintenance is easier	<ul style="list-style-type: none"> Relation to usage age and operation easiness (objective) Difficulty in maintenance and investment cost which must be spent (objective character)
	Dynamic	Operation & maintenance is harder	
Relation to the structure	Part of structure	Rigid and long life duty cycle, in common; but limited in design (aesthetically)	<ul style="list-style-type: none"> Has a close relevancy with structural strength, constructability and sun shading age
	Additional element	Not as strong as if part of structure, mainly in height, but flexible in design	
Possibility to use a type of material	Concrete	Cast in site or prefab system	<ul style="list-style-type: none"> Relation to constructability, the age and maintenance cost (objective)
		Constructability and maintenance depends on design, long life in common	
	Metal	Generally as additional element and the maintenance is harder than concrete	
	Others	Depend on another material that used	

Tabel 6. Klasifikasi Berdasarkan Parameter Konstruksi

2. Sun Shading Characteristic Based on Energy Consumption			
Classification base	Classification detail	Characteristic	Characteristic base
Based on the layout position of sun shading at the building	East (E)	Generally it's good enough to reduce the energy usage (air control) because the amount of solar energy in the East side which blocked by the sun shading	Connection with : <ul style="list-style-type: none"> Energy load (for air control) caused by decision of placing the sun shading in certain position (need to calculate with the computer software)
	West (W)	Generally it's good enough to reduce the energy because the amount of energy loads in the West side which blocked by the sun shading	
	North (N)	Reduce the energy because of energy load caused by sun radiation in low angle in the morning	
	South (S)	Reduce the energy because of energy loads caused by sun radiation in low angle in the evening	
	East (E) – West (W)	It's good enough to reduce the energy because high energy loads in the East-West is reduced (high sun-angle)	
	North (N) – South (S)	Reduce the energy loads caused by sun radiation in low angle in the morning and evening	
	Whole sides	Good, because it reduce the sun radiation in the whole sides but require the highest investment cost	

5. KESIMPULAN

Dari uraian di atas yang mengulas mengenai *sun shading* serta kaitannya peranannya sebagai elemen pendukung pencahayaan alami serta penjabaran jenis-jenis *shading* serta kelebihanannya masing-masing, maka dapat diambil kesimpulan bahwa *shading* yang cocok digunakan di iklim tropis lembab adalah bentuk *shading* yang bias beputar sesuai arah cahaya matahari yang jatuh. Yang dikombinasikan dengan *horizontal type*. Namun dari segi perawatan, *shading* dengan bentuk yang *fixed* lebih mudah perawatannya dan lebih tahan lama. Namun tipe *moveable* (rotating) lebih dapat fleksibel dalam penggunaannya.

Shading Device	Side View	Shading Masks	Comments
			Straight overhangs are most effective on southern exposure.
			Louvers parallel to wall allows hot air to escape and are most effective on southern exposure.
			Rotating vertical fins are the most flexible and adjustable for daily and seasonal conditions. Most effective on east and west exposures.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chia-Peng Chou, 2004, *The Performance of Daylighting with Shading Device in Architecture Design*. *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol. 7, No 4, pp. 205_212.
- Satwiko, P., 2009, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Penerbit Andi
- Erik Andre, 2002, *Daylighting by Optical Fibre*. *Department of Environmental Engineering*.
http://en.wikipedia.org/wiki/Glare_%28vision%29
- Laura Bellia. Daylight Glare: A Review Of Discomfort Indexes
- Rubinstein dkk, 2006, *Tips for daylighting with windows: Shading strategy (pages 5-1 to 5-5)*.
<http://windows.lbl.gov/pub/designguide/section5.pdf>
www.scottsdaleaz.gov/listserve
Tips for daylighting with windows
www.elsevier.com/locate/enbuild
<http://www.ccitonline.com>
- Dewi Larasati ZR. Construction Management Laboratory. *Department of Architecture, Institute of Technology Bandung Sun-Shading Design Methode For Multy-Storey Office Building In Jakarta At Preliminary Design Stage*

DUKUNGAN TEKNOLOGI DALAM PROSES PERENCANAAN DAN PERANCANGAN KOTA YANG NYAMAN DAN RAMAH LINGKUNGAN

Pendekatan Pemodelan CFD Pada Kasus Kenyaman Termal Perkotaan

A. Djoko Istiadji

Fakultas Teknik – Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Email: istiadji@ygy.centrin.net.id

ABSTRACT

CFD is maturing, but still an emerging technology. CFD is a complex technology involving strongly coupled non-linear partial differential equations which attempt to computationally model theoretical and experimental models in a discrete domain of complex geometric shape (Hirsch, C., 2007). This statement showed the complexity of the calculation proses in CFD. As a result, using and adopting CFD code need careful dan rigid action. Futhermore, in order to achieve reasonable and accurate result of CFD, the modeling approach should be done by standart procedure. This procedure requires a process of verification and validation. It will improve the designer's confidence to take the design decision based on the CFD result.

In associate with the modelling approach in analizing urban thermal comfort, this study figured out some guidelines. The flow domain, inlet boundary condition and properties material should be done properly. Bigger domain and more complex problem types involved (heat transfer and radiation) caused the calculation of CFD for this case will need more powerful computer machine.

Moreover, the study demonstrated the proccess of formulating the flow problems in detail. In UHI's context, the complexity of its problem determines the level of verification which should be done carefully and rigidly. The problems should be traced in detail and then modeled properly.

Keywords: *CFD Modelling Approach, Verification and UHI*

1. PENDAHULUAN

Pengaruh efek Urban Heat Island (UHI) di perkotaan telah banyak dibicarakan oleh para perencana dan perancang kota maupun peneliti lingkungan kota. Dari berbagai penelitian, teridentifikasi suhu kota telah naik berkisar 1-3 derajat celsius. Permasalahan peningkatan suhu udara kota diindikasi karena adanya efek rumah kaca dan meningkatnya luas area tanah yang tertutupi konstruksi perkerasan serta bangunan. Secara teoritis, area udara kota dapat dibagi menjadi dua daerah aliran yaitu *urban boundary layer* (UBL) dan *urban canopy layer* (UCL). Peningkatan suhu pada area UBL banyak dipengaruhi oleh pola pantul berulang sinar infra merah gelombang panjang yang terjadi karena banyaknya polutan di udara, sehingga pemindahan panas secara konveksi lebih banyak terjadi, dan adanya tambahan udara panas yang banyak dihasilkan dari pabrik atau pembakaran lain. Sedang peningkatan suhu di area UCL ditentukan oleh kondisi lingkungan terbangun, yaitu kepadatan bangunan, luas area perkerasan (aspal dan konblok) serta area hijau yang berguna untuk *evapotranspiration*. Penyerapan panas yang kuat oleh komponen-komponen tersebut menyebabkan suhu permukaan dan udara diatas maupun disekitar permukaan meningkat, terlebih pada saat

malam hari menjadi lebih tinggi karena permukaan tersebut memancarkan panas kembali ke udara (Oke, 1976). Berkaitan dengan hal itu, area yang terbuka dan memiliki area pandang ke langit yang lebih luas memberi efek panas yang lebih tinggi. Keleluasan pandang diukur dengan satuan ukuran yaitu *sky view factor* (SVF). SVF kecil menunjukkan area permukaan sedikit terhalang dan sinar radiasi banyak diterima oleh permukaan yang menyebabkan suhu udara permukaan naik.

Fenomena UHI merupakan suatu fenomena alam yang kompleks, namun menyerupai fenomena indoor termal dimana bersifat dapat berubah-ubah (*variability* tinggi), bergantung pada waktu (temporal) dan konteks pada ruang (spatial). Hal ini menjadi salah satu kendala untuk menyelesaikan permasalahan termal secara tuntas, namun berkaitan dengan nilai kenyamanan bagi penghuninya, mereka lebih sering menyikapi dengan tindakan adaptasi baik secara umum maupun personal, sehingga isu mengenai adaptasi juga penting untuk dipertimbangkan (Nikolopoulou, Lykoudis, Kikira, 2002).

Pada saat ini telah banyak dikembangkan berbagai metode pengukuran dan analisa permasalahan UHI, baik yang dikembangkan dengan cara *empirical model* (pengukuran lapangan) maupun *virtual model* (*scale model* dan simulasi). Pemakai model simulasi mulai menjadi lebih populer karena didukung oleh perkembangan teknologi komputer yang pesat, Teknologi ini memiliki kefleksibelan pemodelan dan analisa untuk memenuhi usulan perubahan rancangan.

CFD merupakan salah satu metode simulasi yang mengadopsi metode kalkulasi numerik yang digunakan untuk menggambarkan aliran fluida. Kalkulasi menghitung variabel kecepatan dan tekanan aliran serta variabel digandengkan seperti turbulen dan penyebaran partikel polusi. Untuk kemudahan dan kecermatan dalam menganalisa, hasil kalkulasi dapat dipresentasikan dalam berbagai bentuk tampilan seperti grafis vektor maupun kontur, table dan grafik.

Berbagai tawaran kelebihan diatas memang mendorong peningkatan pemakaian metode ini, namun kembali lagi perlu dipahami bahwa replikasi realitas (pemodelan) tentu memiliki berbagai keterbatasan yang juga harus dipertimbangkan dan dipahami. Komputer hanya merupakan sebuah alat yang bekerja sesuai perintah yang diberikan dan tidak memiliki kemampuan mendeteksi benar tidaknya data dan proses dijalankan. Istilah *garbage in garbage out* bisa terjadi apabila pemakai tidak memahami benar bagaimana alat ini diperlakukan. Berdasar pada pertimbangan tersebut, penulis berkeinginan untuk melakukan kajian pustaka pemakaian CFD secara umum dan secara khusus untuk menganalisa kenyamanan termal perkotaan. Kajian ini diharap dapat memberi gambar yang lebih lengkap mengenai apa dan bagaimana CFD dijalankan serta bagaimana berbagai parameter desain dan variabel termal lingkungan kota dapat dimodelkan.

2. CFD SEBAGAI METODE ANALISA ALIRAN UDARA DAN TERMAL

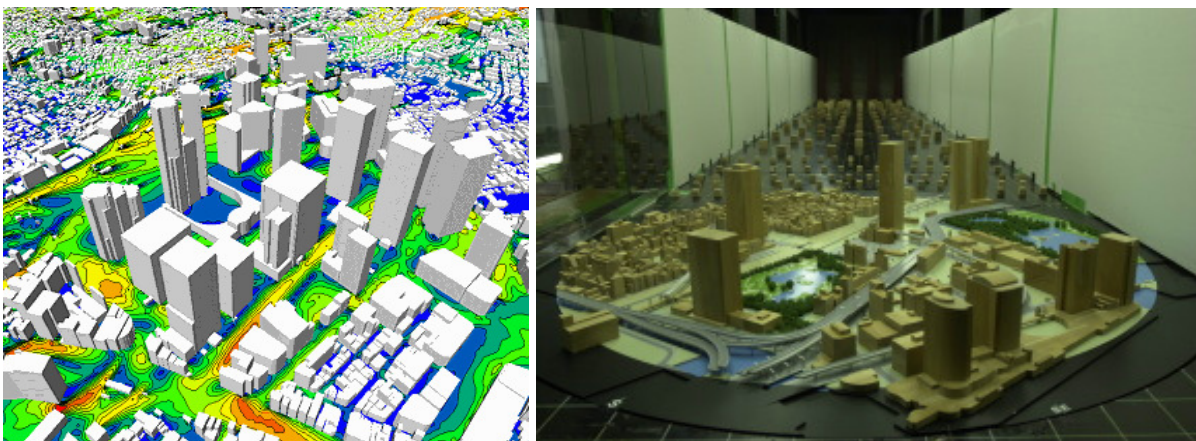
Computational fluid dynamics (CFD) adalah salah satu cabang ilmu mekanika fluida yang menerapkan metode numerik dan algorit untuk menganalisa dan menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. CFD mencakup berbagai ilmu termasuk matematika, komputer, keteknikan dan fisika. Metode ini telah banyak diimplementasi untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dari berbagai disiplin seperti rekayasa mekanikal, arsitektur, sipil hidro, kedokteran, penerbangan, otomotif dan sebagainya. Pada saat ini CFD telah berkembang pesat dan semakin mudah untuk digunakan (*userfriendly*). Pada saat awal CFD hanya dapat dijalankan dengan mesin komputer frame dengan sistem operasional *unix*, namun dengan kemajuan teknologi *hardware* (memori dan kecepatan) dan *software* yang sangat cepat dewasa ini CFD telah dapat dijalankan dari sebuah laptop. Kelebihan lain yang ditemukan adalah kecepatan kalkulasi serta kemudahan membangun grid model (*meshing*) (*cfdesign*),

2009). Penelitian yang mengkaji kemampuan CFD dalam memprediksikan perilaku aliran fluida juga telah banyak dilakukan. Secara umum disimpulkan CFD dapat menjadi alat yang dapat dipercaya akurat, meskipun tetap perlu dipertimbangkan adanya deviasi dengan kondisi nyata (Alexander, 1997)

Pada saat sebelum CFD menjadi populer, analisa aliran udara lazim dilakukan dengan terowongan angin (*wind tunnel*). *Terowongan angin (TA)* merupakan ruang aliran angin yang diharapkan dapat mereplika ruang udara sesungguhnya (*scale model*). Berbagai kekurangan dan kelebihan CFD berbanding dengan *TA* dapat dilihat pada Tabel 1 (Stathopoulos, 2002)

Tabel 1: Perbandingan Kinerja CFD dan Terowongan Angin

Keunggulan dan Kekurang CFD dan Terowongan Angin (TA)	
Analisa daerah kerja (<i>domain</i>)	TA hanya dapat menganalisa pada titik tertentu, CFD dapat meneliti segala arah dan posisi titik didalam daerah kerja baik secara 2 maupun 3 dimensi. Berbagai variabel lain dapat dianalisa seperti radiasi, reaksi kimia dan penyebaran polusi.
Alternatif analisis	CFD member peluang perubahan baik bentuk maupun dimensi daerah kerja dan memodel ulang obyek kajian. TA dapat dilakukan namun lebih memakan waktu dan tenaga
Biaya analisa	Membangun ruang TA dan membuat model skalatis membutuhkan biaya yang lebih tinggi. Pada saat harga program CFD semakin terjangkau
Visualisasi hasil	CFD member fasilitas mempresentasikan hasil dengan berbagai tampilan; grafis, table dan grafik, sedang TA hanya dapat diperoleh table dan grafik.
Standar penggunaan	Ta memiliki standar penggunaan (<i>operational code</i>) yang lebih baik.
Kesalahan analisa	TA menggunakan aliran udara nyata, sedang CFD memodelkan sehingga ada kemungkinan terjadi kesalahan.
Batasan pemodelan	Pemodelan dalam TA dibatasi oleh kemampuan pemakai membuat baik dimensi maupun kompleksitas bentuk. CFD perlu mempertimbangkan hal tersebut guna memperoleh kalakulasi yang stabil dan konvergen.

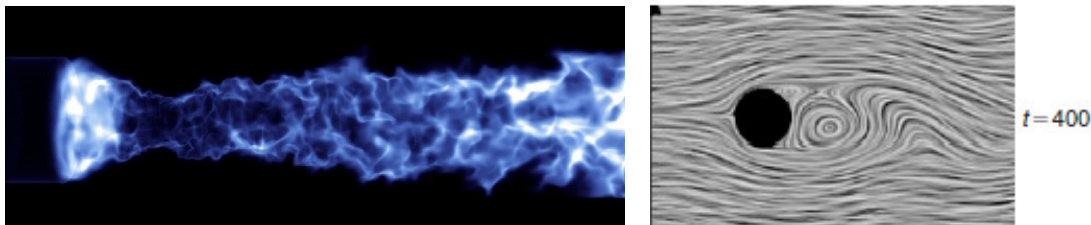


Gambar 1. Analisa dengan CFD dan *WindTunne l*(sumber *Architecture Institute of Japan* dan *CAEbride*)

Tampak dari perbandingan tersebut CFD memang memiliki beberapa keunggulan, walaupun ada kekurangan yang juga perlu untuk diperhatikan terutama kemungkinan terjadinya kesalahan kalkulasi. Untuk mengetahui lebih dalam teknologi CFD, latarbelakang pengembangan persamaan kalkulasi akan dipaparkan secara ringkas dibawah ini.

Metode komputasi CFD dicipta dari sejumlah langkah pengembangan persamaan-persamaan matematis. CFD mengadopsi pendekatan matematis kalkulus diferensial parsial yang dikenal dengan istilah persamaan *Navier–Stokes*, yang menerapkan hukum kekekalan tiga unsur fisika yaitu masa, momentum dan energy dan selanjutnya disederhanakan dengan persamaan euler. Hukum kekekalan menyatakan bahwa jumlah volume aliran yang masuk setara dengan volume yang keluar yang diistilahkan sebagai *Flux*. Berbasis pada pengertian diatas, proses secara singkat, dapat diperoleh beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk memodelkan kecepatan pada dua atau tiga arah sumbu kartesian, kepadatan dan tekanan. Selanjutnya untuk mengembangkan analisisnya ke variabel fisika lingkungan yang lain seperti temperatur, turbulen, radiasi, dll, persamaan yang ada digandengkan.

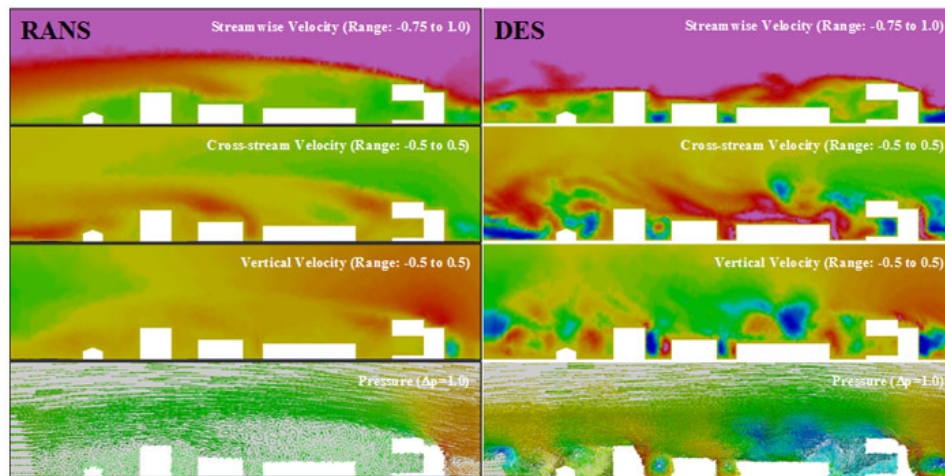
Mengamati bentuk alirannya, pergerakan fluida dapat terjadi secara linear menerus yang disebut laminar. Namun dikarenakan meningkatnya kecepatan, panjang aliran dan kinematik kekentalannya, disebut angka *Reynolds*, dapat terjadi juga aliran berputar dan selalu berubah arah yang disebut aliran *turbulence*. Aliran semacam ini banyak terjadi di ruang dalam maupun luar bangunan, selain faktor perilaku fisik diatas, banyaknya hambatan juga menjadi penyebab.



Gambar 2. Bentuk aliran turbulen, berputar pada berbagai arah yang berbeda (sumber Hirsch, C.,2007)

Banyak persamaan turbulen telah dikembangkan, yaitu *Direct Numerical Simulation* (DNS), *Large Eddy Simulation* (LES), *detached-eddy simulation* (DES) dan *Reynolds Averaged Navier-Stokes* (RANS). Persamaan turbulen yang banyak diimplementasikan adalah RANS. Model ini mengakomodasi angka Reynolds tinggi yang dibentuk dengan dua persamaan turbulent kinetic energy (κ) dan tingkat dissipation (ϵ) (Hirsch, C.,2007). Meskipun model RANS adalah yang paling populer, beberapa penelitian menunjukkan model ini dapat gagal memodelkan aliran turbulen (Applied Research Laboratory at Penn State).

Selain terjadi aspek aliran turbulen, hal lain yang perlu diperhatikan juga adalah aspek perpindahan panas secara radiasi. Radiasi merupakan perpindahan panas yang terjadi melalui gelombang. Fenomena radiasi mengikuti hukum termodinamika yang menyatakan panas akan mengalir dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Secara umum pengertian fenomena ini mengikuti *konsep black body radiation*. Konsep mempertimbangkan proses radiasi yang jatuh pada suatu permukaan dapat di refleksikan, diserap dan ditembuskan ($\alpha + \rho + \tau = 1$) yang mendeskripsikan perpindahan panas. Selanjutnya persamaan radiasi akan digandengkan pada persamaan *Navier–Stoke*. Hal ini menambah jumlah persamaan kalkulasi dan berkonsekwensi pada proses perhitungan yang semakin kompleks dan berat.



Gambar 3. Perbedaan hasil simulasi RANS dan DES (sumber *Applied Research Laboratory, Penn State*).

Memperhatikan kompleksitas persamaan yang terjadi, permasalahan fluida tidak mudah diselesaikan secara manual (analitis) dan penyelesaiannya juga menuntut perhitungan iteratif mengikuti kebutuhan titik-titik kajian sepanjang aliran yang diharapkan. Dalam proses ini diperlukan alat komputasi yang handal dan cepat seperti komputer. Namun dikarenakan komputer berbasis biner (0 dan 1) maka persamaan tersebut perlu ditransformasikan ke bentuk angka (proses *numerical analogue*) menjadi persamaan *numerical discretisation* (Abbot, Basco, 1989).

Terdapat tiga teknik *numerical discretisation* yang telah dikenal yaitu *finite different*, *finite element* dan *finite volume*. *Finite different* berdasar pada pemakaian metode *Taylor series* untuk membangun beberapa persamaan baru yang mendeskripsikan variabel turunan dari perbedaan antara beberapa nilai variabel pada beberapa titik yang ada dalam ruang dan waktu. Nilai variabel dibangun berdasar dari nilai variabel-variabel disekitarnya. Teknik kedua menerapkan pemisahan *domain* menjadi *subdomains* yang disebut elemen dimana persamaan differential parsial diaplikasikan. Melalui tiap elemen, sebuah nilai baru dari variabel yang bebas diasumsikan dan dari pecah ini dibangun gambaran bagaimana variabel berbeda-beda di seluruh *domain*. Nilai dari setiap elemen dibangun secara *independent*, kemudian antar elemen diinteraksikan. Teknik ketiga merupakan teknik yang paling populer, secara umum proses penyelesaian adalah menggabungkan cara *finite different* dan *finite element* (Shaw, 1992). Aplikasi dari persamaan ini menuntut *domain* aliran dicacah membentuk sel-sel yang berhubungan (*discretized* atau *meshing*), Pola grid yang terbentuk dapat berupa pola terstruktur (kotak) atau tak terstruktur (tetrahedron, dll). Metode numerik *finite different* dan *Finite volume* lebih cocok menggunakan pola grid terstruktur, sedang *finite element* lebih pas dengan pola grid tak terstruktur. Pemilihan dan process pembentukan grid sangat kritis, ketidak kesempurnaan membangun grid dapat menyebabkan proses kalkulasi berjalan lambat bahkan berhenti (Blue Ridge Numerics, 2009)

Langkah lanjutan penyelesaian perhitungan, setelah persamaan diferensial parsial selesai dikembangkan menjadi persamaan numerik melalui salah satu teknik *discrete* diatas adalah menjalankan persamaan tersebut untuk memperoleh nilai variabel pada suatu titik dalam *domain*. Cara penyelesaian persamaan harus menghasilkan hasil kalkulasi yang realistis dan akurat. Nilai tersebut diharapkan merepresentasikan nilai hasil seperti penyelesaian secara analitis yang ditandai dengan nilai sisa (*residual*) yang semakin kecil dari setiap iterasi perhitungan. Hal ini membicarakan kondisi hasil yang disebut konvergen dan stabil. Berbagai

penyempurnaan persamaan numerik telah dikembangkan dari kondisi persamaan explicit yang kurang stabil (cocok hanya untuk nilai *timestep* cukup kecil) menjadi persamaan implicit yang lebih stabil dengan mengadopsi metode *Jacobi* dan *Gauss-Seidel*. Persamaan mengadopsi variable kontrol kestabilan yang disebut variable relaksasi. Pada awalnya, variable ini dikontrol secara manual dengan teknik aplikasi coba-coba untuk memperoleh grafik penurunan residual yang konvergen. Namun dewasa ini dengan kemajuan teknik numerik dan komputasi, penetapannya telah dibantu secara otomatis sehingga keberhasilan proses kalkulasi menjadi lebih besar (Blue Ridge Numerics, 2009)

Demikian paparan berbagai tahapan penyelesaian dan pembangunan persamaan CFD yang tampak rumit. Untuk menggunakannya akan memerlukan pemahaman yang lebih dalam dan kemampuan penjabaran persamaan secara matematis.

3. PROSES SIMULASI DENGAN CFD

Dewasa ini perkembangan CFD telah sangat maju dan semakin matang meskipun masih terus dikembangkan. Berdasar dari pembahasan diatas, nampak CFD merupakan teknologi kalkulasi yang kompleks, melibatkan banyak variable dan penyelesaian-penyelesaian secara iteratif. Sehingga menjalankan simulasi ini tentu akan menuntut pemakaian yang cermat dan hati-hati. Hal ini dapat dicapai dengan menjalankan simulasi berdasarkan suatu aturan dan prosedur yang tepat. Penerapan aturan simulasi akan mengendalikan keakuratan sehingga hasil yang diperoleh dapat dipercaya untuk mengambil keputusan. Terdapat dua tahapan yang perlu diperhatikan yaitu proses verifikasi dan validasi.

Verifikasi merupakan tindakan menilai dan menentukan apakah penerapan program komputasi telah dibuat dengan benar. Proses memeriksa kesalahan pemrograman komputer (*computer programming errors*). Hasil komputasi dapat dibandingkan dengan hasil eksak perhitungan analitis. Tindakan ini lazimnya telah dilakukan dan dipublikasikan oleh penyedia paket CFD, namun untuk menambah keyakinan, pemakai perlu untuk memeriksanya.

Validasi merupakan tindakan menilai dan menentukan apakah hasil simulasi komputer memiliki kesamaan dengan kondisi fisik nyata, meneliti hasil replikasinya. Untuk pengujian dapat dilakukan dengan membandingkan antar hasil simulasi dan hasil eksperimen (pengukuran) lapangan. Dewasa ini telah banyak penelitian yang menguji validasi CFD yang dapat dipakai untuk dasar pemakaian. Namun dalam kasus-kasus tertentu, para pemakai CFD sebaiknya melakukan sendiri proses validasi. Cara yang sering dilakukan adalah memodelkan suatu obyek kajian yang lebih kecil skalanya dan membandingkan hasil pengukuran variabel pada obyek tersebut dengan hasil simulasi model.

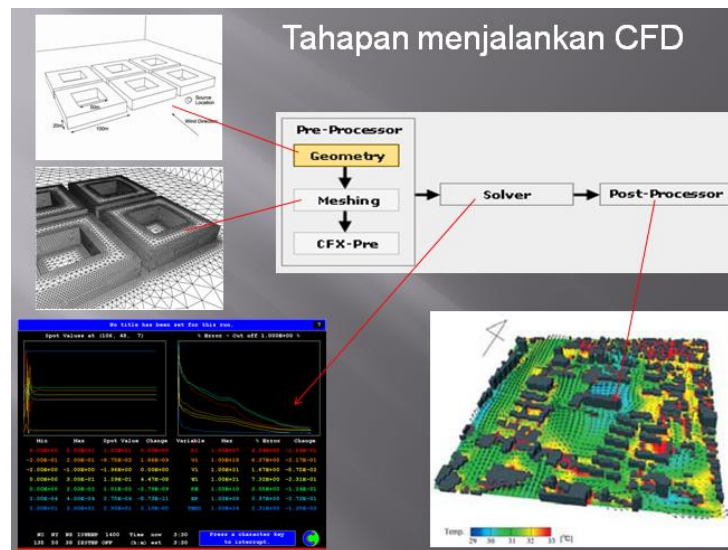
Kedua proses diatas akan menghasilkan pengetahuan mengenai kesalahan-kesalahan (*errors*) dan ketidak pastian (*uncertainties*) yang mungkin terjadi. Hasil kalkulasi dapat berbeda dengan nilai yang sesungguhnya benar. Untuk itu perlu, kemudian dilakukan analisa lanjutan yang menyangkut persamaan matematis kalkulasi (CFD code), daftar program komputasi, penciptaan grid, konvergensi dan stabilitas kalkulasi hingga hasil tabulasi dan visualisasi aliran.

Apabila hasil simulasi telah dinyatakan signifikan baik meskipun ada suatu perbedaan (lazimnya kecil), perbedaan ini dapat dipakai sebagai alat kalibrasi. Metode kalibrasi dapat dibangun dengan menguji hubungan perbedaan kemudian membangun persamaan regresi linear atau non-linear menggunakan teknik statistik. Penerapan kalibrasi pada hasil simulasi akan memberi gambaran hasil yang lebih menyerupai hasil yang sesungguhnya harus ada (AIAA G-077-1998).

Selanjutnya untuk memberi gambaran menjalankan CFD secara praktis, dibawah ini adalah tahapan-tahapan simulasi yang harus dilakukan:

1. Memformulakan permasalahan aliran. Pada tahap ini dapat diperoleh dengan menjawab beberapa pertanyaan seperti tujuan analisa, cara paling mudah apa untuk mencapai tujuan, geometri obyek seperti apa yang perlu dimodelkan, aliran seperti apa yang sekira akan terjadi, model temporal seperti apa yang dibutuhkan (*steady* atau *unsteady*), dan bagaimana bentuk aliran laminar ataukah turbulen. Hasil pemahaman pada tahap ini menentukan keberhasilan proses simulasi. Pada tahap ini hipotesa dan asumsi-asumsi ikut dibangun.
2. Membangun geometri model dan *domain* aliran, baik dengan model computer aided desain (mcad) yang tersedia pada paket program CFD atau menggunakan mcad diluar program. Paket CFD moderen telah dikembangkan memiliki fasilitas import yang lebih baik sehingga pembangunan model geometri menjadi lebih mudah dilakukan. Pemodelan dibuat sedetail mungkin menyerupai obyek yang dikaji baik secara 2 dimensi atau 3 dimensi, namun juga memperhatikan apakah tingkat detail yang ditentukan memiliki efek ke aliran secara signifikan. Apabila tidak, detail tersebut dapat diabaikan. Besar domain juga perlu dilihat untuk menjaga kealamiah aliran dan mengurangi beban komputasi. Semakin besar domain semakin banyak sel yang harus dihitung.
3. Membuat grid dari *domain* dan obyek (*meshing*). Topologi grid dapat berupa bentuk sel *structure* (kotak) atau *unstructure* (*triangle*, *quadrilateral*, *tetrahedron*, *prism* dan *hexahedron*). Tahap ini cukup kritis menentukan keberhasilan kalkulasi. Bentuk dan dimensi sel akan menentukan kecepatan kalkulasi bahkan menghentikannya. Kerapatan sel (resolusi) menentukan detail analisis yang dapat dideteksi. Kesalahan *meshing* yang sering terjadi adalah gagalnya hubungan antar sel, yang membentuk kesalahan sudut. Untuk menyelesaikan permasalahan ini perlu dilakukan perbaikan grid dengan cara memperkecil atau memperbesar volumenya sehingga antar keduanya terjadi hubungan yang kontinu. Berbagai paket CFD telah dilengkapi alat untuk memperbaiki yang dapat mendeteksi dan merevisi secara 'otomatis' (Blue Ridge Numerics, 2009)
4. Menetapkan nilai-nilai kondisi batas dan awal yang merupakan titik awal kalkulasi. Hasil analisa tahap pertama akan menentukan variable apa saja yang perlu ditetapkan dan diisi pada tahap ini. Variabel kecepatan, tekanan dan temperature merupakan variable yang biasanya perlu disesuaikan, sedangkan angka grafitasi, angka turbulen, properti fluida merupakan variable yang relative konstan dan telah disiapkan.
5. Menetapkan strategi kalkulasi untuk menjalankan simulasi. Kegiatan ini mengatur parameter-parameter yang berkaitan kalkulasi seperti menetapkan angka relaksasi, angka iterasi, model temporal dll. Dari langkah pertama hingga langkah kelima ini merupakan bagian yang disebut *pre-processor*.
6. Melaksanakan simulasi atau menjalankan *solver*. Dalam tahanan ini berbagai data kalkulasi dianalisis dan apabila tidak ada kesalahan akan terus dikalkulasi. Dikarenakan kalkulasi berlangsung secara iteratif maka prosesnya akan memakan waktu. Lama waktu yang dibutuhkan bergantung pada besar kecil domain, besar kecil grid dan banyaknya variabel aliran yang ikut dihitung. Untuk melihat apakah proses kalkulasi berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan nilai yang konvergen serta stabil, proses dapat dipantau dengan mengamati nilai *residual* yang terjadi, melalui fasilitas table maupun grafik yang disediakan. Apabila proses kalkulasi menunjukkan tanda kurang baik maka kalkulasi dapat dihentikan dan beberapa parameternya dapat diatur kembali kemudian simulasi dapat diulang atau dilanjutkan. Tahap ini disebut tahap *Solver*.

7. Saat setelah kalkulasi mencapai nilai *residual* yang ditetapkan atau akhir iterasi, maka kalkulasi akan berhenti dan hasil kalkulasi kemudian dapat dibaca untuk dianalisa. Pada paket CFD telah disediakan fasilitas untuk membaca data seperti dengan teknik vektor, kontur maupun table. Bahkan pada saat ini program telah dilengkapi dengan fasilitas animasi pergerakan aliran domain maupun obyek didalamnya seperti menganimasikan gerakan kipas angin. Warna dan angka dipakai untuk memperlihatkan besar variable aliran. Selanjutnya tahap analisa terhadap hasil dapat dilakukan sesuai prosedur yang telah dijelaskan diatas. Hasil simulasi dapat dipakai untuk menguji hipotesa yang dibangun saat tahap pertama. Adanya perbedaan yang cukup signifikan mengindikasikan adanya kesalahan dalam simulasi.
8. Apabila hasil menunjukan nilai yang kurang sesuai maka prosedur, verifikasi perlu diulang dan setelah dilakukan perbaikan, simulasi dapat dijalankan kembali sehingga menghasilkan nilai yang baik. Paparan diatas menunjukkan kelebihan dari pemakaian CFD yaitu fleksibilitas dan kemudahan dalam membangun model dan menjalankan simulasi. Model mudah dan cepat diubah dan diperbaiki karena dilakukan secara virtual.



Gambar 4.:Tahapan menjalankan CFD

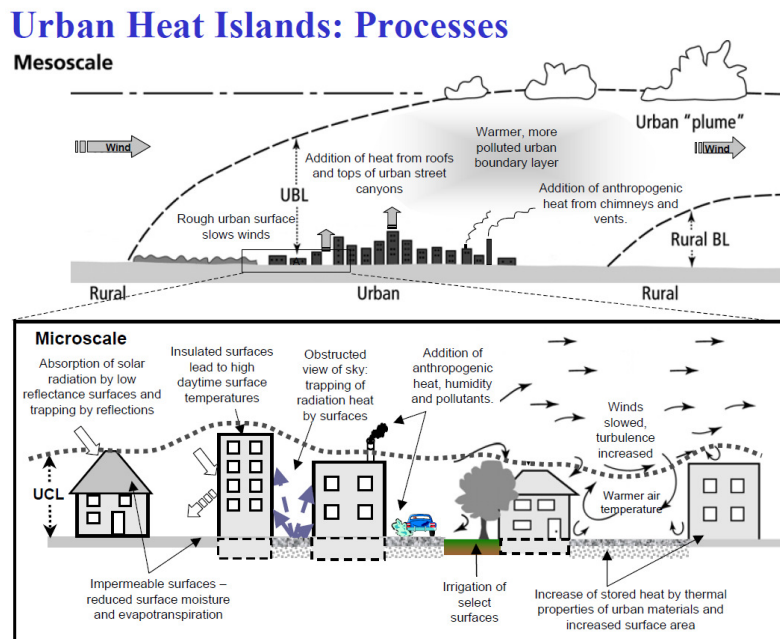
4. PENDEKATAN PEMODELAN CFD UNTUK ANALISA EFEK UHI

Bagian ini akan difokuskan pada bagaimana CFD dapat digunakan untuk menganalisa permasalahan thermal perkotaan. Paparan akan dimulai dengan melihat faktor-faktor yang berpengaruh pada UHI dan selanjutnya dibahas bagaimana faktor tersebut dapat dimodel dalam CFD.

Ada tiga elemen urban yang dominan berpengaruh pada thermal mikro (UCL) yaitu bangunan, area perkerasan (konblok atau aspal) dan area hijau (Wong and Jusuf, 2009). Bangunan dan area perkerasan memberi kontribusi perubahan temperatur melalui perpindahan panas secara konvensi dan radiasi yang dipengaruhi oleh properti materialnya. Bahan yang lazim digunakan untuk bangunan dan jalan di kota memiliki *thermal bulk* yaitu *heat capacity*, *thermal conductivity* dan *surface radiative properties* (*albedo* dan *emissivity*) yang berbeda

dengan didaerah pedesaan. Panas yang diserap pada siang hari membuat permukaan area perkeras menjadi naik suhunya dan selanjutnya angin disekitar permukaan akan menyapu dan menyerap panas, secara konveksi suhu udara disekitar permukaan menjadi ikut naik. Penelitian menemukan perbedaan temperatur antara daerah CBD dan area hijau berkisar 1-2 derajat Celsius (Wong and Jusuf, 2009). Fasad bangunan memberi efek positif dan negatif, disatu sisi dapat memperkuat pemanasan dengan timbulnya pantulan dinding yang jatuh pada area perkerasan, hal ini disebut *urban canyon effect*. Dan disisi yang lain memberi perlindungan pada bangunan atau area permukaan tanah dibalik badannya (*overshadowing*), yang dapat mengurangi intensitas pemanasan pada permukaan yang terlindungi. Berhubungan dengan area hijau, vegetasi mempengaruhi kondisi termal lingkungan dengan dua cara yaitu kerimbunan pohon akan menahan sinar radiasi matahari jatuh pada permukaan, mengurangi panas permukaan. Dan secara simultan sinar matahari akan digunakan oleh vegetasi untuk evapotranspirasi, yaitu panas yang ada akan digunakan untuk penguapan air dalam daun (juga air disekitarnya seperti tanah yang lebih lembab) serta untuk pernafasan daun yang berhubungan dengan peristiwa fotosintesa. Panas yang jatuh daun akan diubah dalam bentuk energi yang lain dan tidak dibuang kembali ke atmosfer sehingga mampu mengurangi efek kenaikan temperatur.

Pada skala UBL, beberapa faktor perlu ditambahkan untuk diperhatikan yaitu topografi, kondisi termal area sekitar kota, arah dan besar angin pada skala meso dan kondisi langit (*cloud cover*).



Gambar 5. Batas area UHI (sumber James Voogt,2009).

Dari pembahasan diatas dapat diturunkan berbagai variable yang perlu diverifikasi, dalam hubungannya dengan pemakaian CFD untuk menganalisa termal perkotaan adalah

1. Besar *Domain* untuk menentukan skala UHI yang akan dikaji.

Besar domain, seperti telah dibahas, akan berpengaruh pada jumlah grid (resolusi) yang akan dibangun. Apabila grid dari model dibuat dengan jumlah yang sedikit (dimensi sel

besar, resolusi rendah), hasil simulasi aliran akan terlihat kasar dan terjadi lompatan dan perbedaan nilai variabel antar sel yang besar karena jarak antar sel yang besar. Terkadang menimbulkan kesalahan persepsi arah aliran dikarenakan detail pergerakan tidak dapat digambarkan secara tepat. Untuk memperoleh hasil yang lebih cermat dan rapat diperlukan grid dengan jumlah sel besar namun akan berkonsekuensi pada waktu kalkulasi (kecepatan) yang lebih lama dan kekuatan komputer yang lebih besar. Didalam analisa tingkat meso hal ini akan lebih terasa karena area spasial yang semakin luas, Untuk mengatasi permasalahan ini, salah satunya dapat dilakukan *grid nested technique* (Ryozo, et al, 1997). Teknik ini dilakukan dengan cara memperkecil grid pada area tertentu yang menjadi fokus kajian (*refining grid*). Teknik lama dilakukan dengan cara membuat sub domain yang lebih kecil yang melingkupi area yang diinginkan. Cara ini dapat membatasi penambahan sel namun tetap detail pada fokus area. Teknik ini memiliki kelemahan pada bagian pertemuan antar grid yang terkadang terjadi tidak kontinu dan menyebabkan terjadi sudut pertemuan yang besar. Hal ini membuat kalkulasi berlangsung lama dan terkadang macet. Namun dengan kemajuan teknik pemrograman komputer telah dikembangkan cara yang lebih sederhana dan mudah, yaitu dengan merapatkan *grid node* pada obyek dan di lakukan *meshing* ulang yang secara otomatis dikalkulasi secara 'pintar' oleh komputer sehingga menghasilkan dimensi sel dan bentuk terhubung kontinu. Dengan rancangan grid seperti itu, kalkulasi dapat berjalan lebih lancar. (CF design, 2009).

2. Pemodelan angin.

Angin yang bergerak di ruang luar terbuka akan memiliki kecepatan bergradasi yang dipengaruhi oleh topografi permukaan bumi dan disebut sebagai area *planetary boundary layer* (PBL) atau *atmospheric boundary layer* (ABL). Aliran angin di daerah dekat permukaan akan bergerak lambat karena adanya hambatan dan semakin tinggi akan semakin kencang (*wind gradient*). Tingkat kekasaran dan ketidak-beraturan bentuk permukaan (*terrain type*) menjadi fungsi penentu profil kecepatan angin di suatu kawasan. Hambatan akan merubah arah gerak angin menjadi tak beraturan, bergerak vertikal dan horisontal secara random yang dikenal dengan istilah turbulen. Pada ketinggian tertentu berkisar ratusan meter diatas permukaan, pengaruh hambatan akan hilang dan angin akan bergerak bebas (daerah *geostrophic*). Dari penyelidikan diketahui bahwa semakin kasar kondisi permukaan bumi seperti daerah perkotaan yang padat dan penuh bangunan tinggi, semakin tinggi *boundary layer*-nya. Berdasar dari pengertian-pengertian diatas dan dihubungkan dengan proses pemodelan CFD dapat ditarik berapa hal yang perlu diperhatikan yaitu kondisi batas (*boundary conditions*) kecepatan angin perlu dibuat sedemikian rupa memiliki gradasi yang dapat merepresentasikan *windgradient*, terlebih untuk memfokuskan kajian sesuai batas area ketinggian (UCL dan UBL). Penentuan teknik pemodelan turbulen yang pas juga perlu dipertimbangkan. Faktor kekasaran dan tingkat ketinggian membentuk pola aliran turbulen yang berbeda. Penelitian memperlihatkan pemakaian metode RANS yang tidak selalu tepat dapat digunakan (Applied Research Laboratory at Penn State).

3. Pengaruh topografi dan komposisi elemen urban.

Kajian UHI memperlihatkan bentuk topografi dan komposisi elemen-elemen urban memiliki pengaruh yang kuat bagi naiknya temperatur lingkungan. Komposisi (pola tatanan, dimensi dan orientasi) bangunan dan vegetasi dapat mengurangi kenaikan temperatur dengan efek pembayangan dan evapotranspirasi, namun juga dapat meningkatkannya melalui efek pantulan dan properti serap panas yang lebih besar. Hal ini menunjukkan kompleksitas efek perpindahan panas yang terjadi. Untuk memodelkannya

dalam CFD, nampak pendekatan pemodel bentuk geometri dan detailnya perlu diperhatikan. Pemodelan secara tiga dimensi terasa mutlak dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih realitis. Lebih lanjut, metode simulasi akan menuntut penyelesaian permasalahan permindahan dan radiasi, kondisi akan memberi efek kalkulasi yang semakin berat. Komputer dengan kekuatan yang besar serta besar kapasitas memori dibutuhkan untuk menyelesaikan kalkulasi *domain* tiga dimensi kartesian serta variabel perpindahan panas yang digandengkan.

4. Properti material elemen-elemen urban.

Terjadinya perbedaan suhu daerah perkotaan dan pedesaan diakibatkan oleh salah satunya adalah properti material. Konduktifitas, spesifik panas dan koefisien refleksi serta koefisien emisi mempengaruhi proses perpindahan panas di dua daerah tersebut. Mempertimbangkan kenyataan ini, memilih nilai properti material yang tepat menjadi penting. Peneliti harus memiliki pengetahuan dan database yang cukup tentang berbagai material yang telah banyak diaplikasikan pada elemen-elemen urban. Memprediksikan kesulitan yang mungkin akan ditemui, dapat diduga adalah keterbatasan informasi properti material, terutama material baru, yang saat ini pesat diproduksi. Disamping itu, belum banyak ahli material di Indonesia yang mau meneliti nilai properti material lokal. Untuk dapat melaksanakan simulasi, pendekatan yang dapat diambil adalah memilih nilai properti material yang memiliki kemiripan. Dan selanjutnya perbedaan yang ada dapat digunakan untuk memverifikasi kesalahan yang akan terjadi (perbedaan hasil simulasi dan hasil nyata). Melakukan tindakan validasi dengan pemodelan skala obyek yang lebih kecil, dapat digunakan untuk mengkalibrasi kesalahan tersebut.

4. PENUTUP

Paparan diatas menunjukkan bahwa pemakaian CFD memiliki kelebihan dan keunggulan dibandingkan dengan metode analisa fluida yang lain. Namun demikian, karena kompleksitas dan kerumitan kalkulasi, terutama saat digunakan untuk menganalisa kenyamanan termal perkotaan, pemakaiannya membutuhkan tindakan prosedural yang baik. Tindakan yang perlu dilakukan adalah verifikasi dan validasi.

Berkenaan dengan implementasi pemakaian CFD untuk menganalisa kenyamanan termal perkotaan terdeteksi beberapa elemen urban dan faktor lingkungan perlu diperhatikan pemodelannya. Pendekatan model dan pengisian variabel akan berpengaruh pada kemudahan, kecepatan dan keakuratan hasil kalkulasi. Besar dimensi dan bentuk domain, penentuan kondisi batas angin dan temperatur serta properti material harus ditetapkan dengan baik. Setiap tahapan penggunaan CFD juga harus dijalankan secara cermat, hati-hati serta rigid sehingga memenuhi proses verifikasi dan dapat menghasilkan output yang valid.

Studi ini juga telah mendemostrasikan proses memformulakan permasalahan aliran dan tindakan verifikasi. Pemahaman yang mendalam tentang CFD code dan situasi permasalahan aliran yang ingin diselesaikan membuat pendekatan pemodelan yang diambil akan lebih tepat. Peneliti akan lebih cermat membuat model, menentukan dimensi grid serta memasukkan nilai-nilai kondisi batas dan awal yang diperlukan. Semua ini memberi lebih kepercayaan dan mengeliminir ketidakpastian proses perhitungan. Kesalahan dapat diindikasi secara cepat dan cemat sehingga hasil simulasi menjadi semakin realitis.

Teknologi CFD telah dikembangkan secara pesat, untuk mengurangi berbagai kelemahan dan kesulitan pemakaian. Pada saat ini, beberapa paket CFD memiliki kemudahan untuk

mengimpor model geometri, memiliki program 'pintar' dalam membantu membuat grid dan menetapkan variabel relaksasi serta kelengkapan fasilitas presentasi hasil yang lebih menarik.

5. DAFTAR PUSTAKA

AIAA G-077-1998, *Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations*, NPARC (National Project for Application-oriented Research in CFD) <http://www.grc.nasa.gov/WWW/wind/valid/homepage.html> diakses 12 juni 2010

Abbot, M.B., Basco, D.R., (1989), *Computational Fluid Dynamics An Introduction for Engineering*, John Wiley Sons, New York

Alexander, D. K., H. G. Jenkins, P. J. Jones. 1997. *A Comparison of Wind Tunnel and CFD Methods Applied to Natural Ventilation Design*. Proceedings of Building Simulation '97: International Building Performance Simulation Ass., Volume 2: 321-326.

Applied Research Laboratory, *Eddy-Resolving Simulations*, Penn State http://www.arl.psu.edu/capabilities/fsm_cm_eddysim.html diakses 12 juni 2010

Anderson, John J, JR., (1995), *Computational Fluid Dynamics the Basic with Application*, McGraw-Hill, New York

Architectural Institute of Japan, *Guidebook for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind*, www.aij.or.jp/jpn/publish/cfdguide/index_e.html diakses 12 juni 2010

Blue Ridge Numerics, 2009, *User's Guide CFdesign Upfront CFD*, Charlottesville, United States

CAEbridge, LLC, <http://www.caebridge.com/applications> diakses 12 juni 2010

Hirsch, C., 2007, *Numerical Computation of Internal and External Flows*, John Wiley & Sons, Ltd Second edition, Burlington

Nyuk Hien, W., Kardinal Jusuf, S., 2009, *Air Temperatur Distribution and the Influence of Sky View Factor in a Green Singapore Estate*, Architecture drive, Singapore

Shaw, C.T., 1992, *Using Computational Fluid Dynamics*, Prentice Hall

Stathopoulos, T., 2002. *The Numerical Wind Tunnel for Industrial Aerodynamics: Real or Virtual in the New Millennium?*, Wind & Structures, Vol. 5, No. 2-4(2002), 193-208.

Oke, T.R. 1976., *The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands*, Atmosphere

Ooka, Ryozi, et.al., *CFD Analysis of Urban Climate in Kobe City*, Research Center for Urban Safety and Security Kobe, University Kobe University vol 12: 268-277,

Voogt, J., *How Researchers Measure Urban Heat Island*, University of Western Ontario London Canada

ANALISA KUALITAS LINGKUNGAN PERUMNAS CONDONGCATUR DITINJAU DARI SISI PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN ALAMI KAWASAN

J. Ade Prasetya S. ST., MT.
E-mail : ad3_prasetya@yahoo.com

ABSTRACT

Nowadays, the demand of low cost housing is increasing rapidly. One of the applied solutions was establishing national settlements in order to provide houses for low income people. This kind of settlement is built only to fulfill the equivalent minimum living standard for the occupants. Nevertheless, the function of a house for dynamic is an absolute term. As stated by Kellet, et.al. (1993), people modify their houses because of the mutual relationships between the occupants with their housings. At least in a certain time the house would be changed by its settlers and could cause some potential problems within the environment. Tipple, et al. Al. (2000) stated that the financial factor determines people's decision to do certain level of house modification. The poor will gradually become the haves and allowed to do significant physical improvements upon their houses, which again lead to environmental problems. The research is conducted in Condongcatu National Settlement of Yogyakarta in order to analyze the living quality of its environment in regard to the regional performance of natural lighting and airflow pattern.

Keywords : *Condongcatur National Settlement, environment quality, daylight, airflow pattern.*

1. PENDAHULUAN

Pada awalnya, Perumnas Condongcatur merupakan contoh perumahan yang dibangun dengan perencanaan yang baik dan terorganisir. Namun pada saat ini, karena heterogenitas masyarakat yang tinggal didalamnya dan perubahan waktu yang terus berjalan, keadaan yang timbul pada perumahan ini menyimpang dari prediksi awal. Situasi ini kemudian menciptakan suasana lingkungan hunian yang tidak sehat karena kurangnya intervensi sinar matahari dan tidak lancarnya aliran udara dalam kawasan.

1.1 Kondisi Geografis dan Sosial Kawasan

Daerah Istimewa Yogyakarta terletak pada lintang $7^{\circ}30'$ – $8^{\circ}15'$ lintang selatan dan 110° – $110^{\circ}52'$ bujur timur (*Sumber: Google Earth Pro 4.2*). Klasifikasi iklimnya adalah iklim tropis lembab dengan ciri curah hujan tinggi, variasi suhu rendah, dan matahari bersinar sepanjang tahun dengan variasi yang minimal.



Gambar 1. Lokasi Perumnas Condongcatur Yogyakarta

Pendapatan asli kawasan berasal dari tanah kas desa, pasar desa, pungutan desa, swadaya masyarakat, hasil gotong royong, dan hasil-hasil lain seperti bangunan-bangunan milik desa. Secara ekonomi, kawasan permukiman ini dapat berkembang pesat karena banyaknya fasilitas pemerintah dan swasta yang dibangun di daerah tersebut.



Gambar 2. Blok-blok Kawasan Perumnas Condongcatur Yogyakarta



Gambar 3. Situasi Kawasan Perumnas Condongcatur Yogyakarta

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Perancangan Pecahayaan sebagai Upaya Meningkatkan Kenyamanan

Cahaya terlihat (*visible light*) adalah gelombang elektromagnet yang terlihat oleh mata manusia dan mempunyai panjang gelombang antara 380 sampai 720 nm (nanometer, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$), dengan urutan warna: (ungu-ultra), ungu, nila, biru, hijau, kuning, jingga, merah, (merah-infra). Sedangkan sinar adalah berkas cahaya yang mengarah ke suatu tujuan.

Cahaya matahari (*sunlight, daylight*) mempunyai panjang gelombang antara 290 sampai 2300 nm dan mempunyai spektrum lengkap dari ungu-ultra sampai dengan merah-infra. (Prasasto Satwiko, 2009, *Fisika Bangunan*, Andi Offset, Yogyakarta)

2.2 Definisi Kuantitatif Cahaya

Arus cahaya (*luminous flux, flow*; diukur dengan lumen) adalah banyak cahaya yang dipancarkan ke segala arah oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu.

Intensitas sumber cahaya (*light intensity; luminous intensity*; diukur dengan candela) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu. Sebuah sumber cahaya berintensitas 1 candela (1 lilin) mengeluarkan cahaya total ke segala arah sebanyak 12,57 lumen.

Illuminan (*Illuminance*; diukur dengan lux, lumen/m^2) adalah banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang. Illuminasi (*Illumination*) adalah datangnya cahaya ke suatu objek.

Luminan (*Luminance*; diukur dengan candela/ m^2) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan, atau diteruskan oleh satu unit bidang yang diterangi. Sering juga digunakan satuan footLambert (fL).

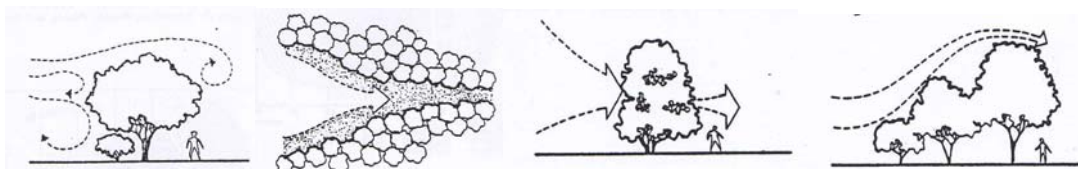
Faktor cahaya siang hari (*Daylight Factor, DF*) adalah perbandingan antara iluminan di satu titik di dalam ruangan dengan titik di luar ruangan. Harga DF tetap, bila cahaya diluar meredup maka cahaya di dalam ruangan pun ikut meredup.

Langit rancangan (*Design Sky light*), luminan langit yang dipergunakan sebagai patokan perancangan, yaitu kondisi langit yang terjadi sebanyak 90%. Di Indonesia dipakai 10.000 lux. (Prasasto Satwiko, 2009, *Fisika Bangunan*, Andi Offset, Yogyakarta)

2.3 Perancangan Penghawaan pada Iklim Mikro

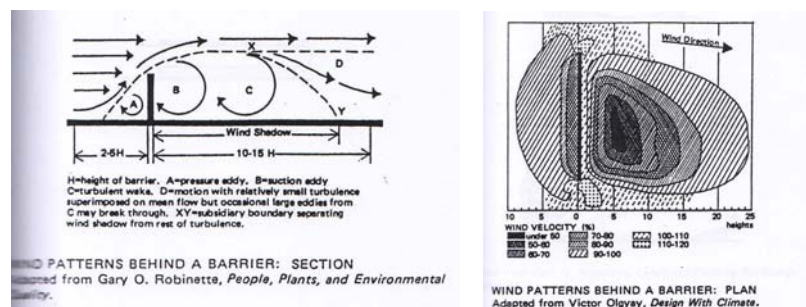
Kondisi iklim pada lokasi tertentu berbeda-beda menurut data iklimnya, tergantung pada ketinggian, vegetasi serta fitur-fitur alami dan buatan yang ada diatas lahan. Dalam konteks penghawaan, faktor-faktor tersebut akan mengubah kecepatan dan mengarahkan angin pada kulit bangunan.

Lansekap dan obyek-obyek diatas lahan yang lain seperti pagar dan tembok dapat mengubah pola angin. Ukuran, bentuk, kepadatan, dan karakteristik barier lansekap yang lain menentukan aliran angin dalam empat metode dasar. Aliran angin dapat seketika dihalangi oleh barisan pepohonan, diarahkan secara bertahap disekeliling dan diatas barier, serta disaring sehingga mampu menurunkan kecepatannya.



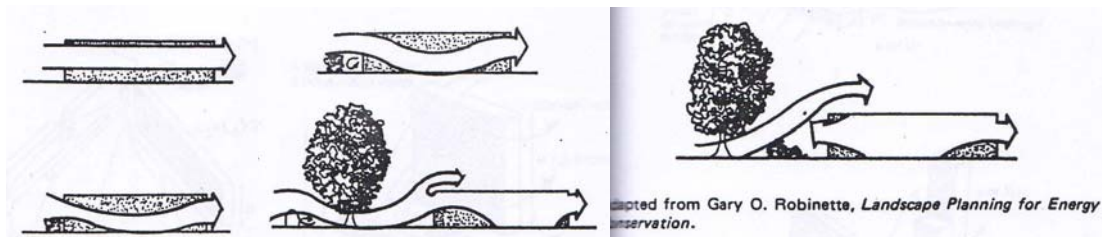
Gambar 4. Lansekap yang Dapat Mengubah Pola Angin
(Unified Facilities Criteria (UFC), USA)

Diagram dibawah ini menunjukkan apa yang terjadi ketika angin dihalangi oleh barier padat. Gambar potongan tersebut memperlihatkan pola angin yang dipengaruhi oleh ketinggian barier dengan jarak dua sampai lima kalinya.



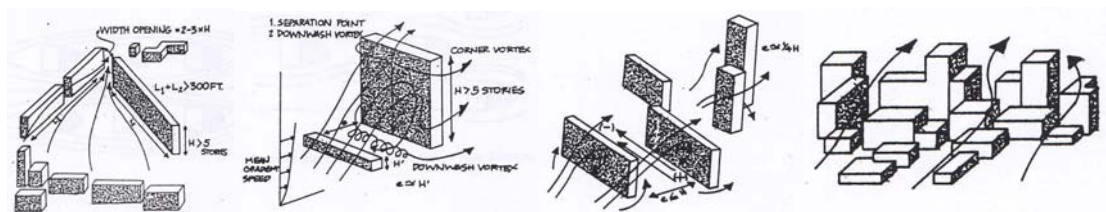
Gambar 5. Pola Angin yang Berada di Belakang Penghalang
(Unified Facilities Criteria (UFC), USA)

Pada pandangan denah, kecepatan angin semakin menurun ketika menjauh dari penghalang. Area persis dibelakang penahan angin memiliki kecepatan lebih tinggi daripada aliran angin mula-mula.



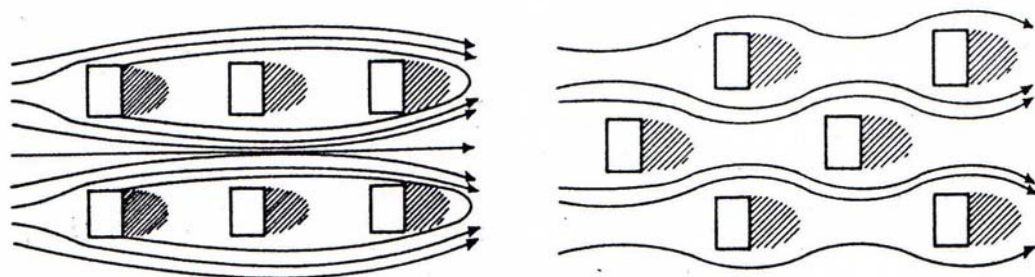
Gambar 6. Konsep Aliran Udara Melalui Bangunan
(Unified Facilities Criteria (UFC), USA)

Sejauh ini belum ada teori yang mampu benar-benar memprediksikan variasi-variasi yang mungkin terjadi pada aliran udara. Gambar-gambar berikut ini hanya merupakan gambaran kasar akan konsep aliran udara melalui kawasan kota. Jelas terlihat bahwa penataan konfigurasi dan ketinggian bangunan dapat mengubah pola angin regional yang terjadi.



Gambar 7. Konsep Aliran Udara Dalam Kawasan Perkotaan
(Unified Facilities Criteria (UFC), USA)

Pemahaman akan konsep aliran angin akan membantu para perancang dalam menanggapi masalah penempatan bangunan pada site. Kedua pendekatan dibawah ini menjelaskan bahwa penataan kompleks bangunan gambar pertama dimaksudkan untuk meminimalisir pengaruh angin, sedangkan gambar kedua digunakan untuk memaksimalkan aliran angin. (Unified Facilities Criteria (UFC) 3-440-06N, 16 January 2004. *Cooling Buildings by Natural Ventilation*, Department of Defense, USA)



Gambar 8. Konsep Aliran Udara Dalam Kawasan Permukiman
(Unified Facilities Criteria (UFC), USA)

2.4 Simulasi Komputer sebagai Alat Bantu Analisis

Simulasi komputer, model komputer, atau model komputasi adalah suatu program komputer, atau jaringan komputer yang mencoba untuk menirukan model abstrak dari sistem tertentu. Simulasi komputer telah menjadi bagian penting sebagai alat permodelan

matematikal berbagai sistem alami seperti fisika (fisika komputasi), astrofisika, kimia dan biologi, sistem manusia seperti ekonomi, psikologi, dan ilmu sosial serta pada proses menemukan teknologi baru. Simulasi komputer tidak hanya berfokus pada model algoritma matematis saja, komputer juga mampu menggabungkannya dengan kenyataan atau peristiwa yang terjadi, bahkan mampu menanggapi input untuk meniru subyek yang tidak lagi ada. Istilah simulasi komputer sendiri lebih luas daripada modeling komputer, dimana modeling sendiri termasuk didalam lingkup simulasi. Perbedaan simulasi komputer memiliki kemampuan mengolah input dari pemakai untuk menjalankan sesuatu secara real (nyata), seperti simulasi penerbangan yang dapat menirukan penerbangan sesungguhnya.

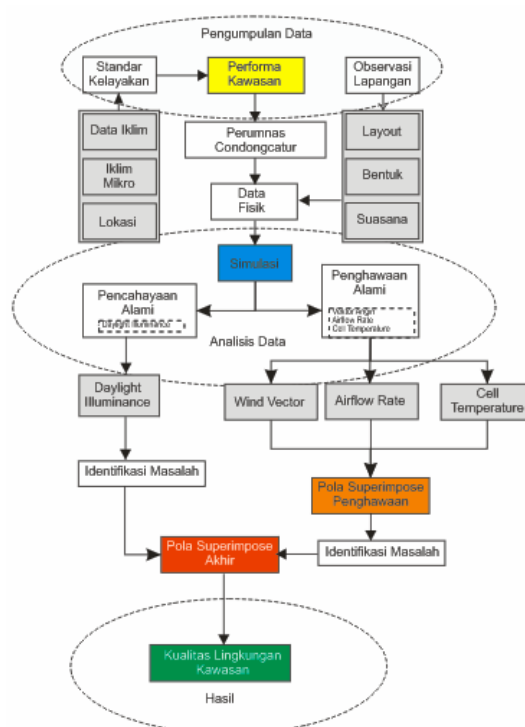
Simulasi bangunan mulai dikenal sebagai salah satu profesi sejak akhir 1970. Kemudian berkembang terus menjadi sebuah bidang tertentu yang menawarkan keahlian, metoda dan alat evaluasi performa bangunan. Bidang tersebut menerapkan pokok-pokok teori dari berbagai macam bidang lain, terutama fisika, matematika, ilmu bangunan, biofisika, serta ilmu perilaku dan komputasi. Pemakaian teori-teori ini dilakukan untuk memodelkan perilaku fisik dari suatu obyek baik saat proses desain, pembangunan, serta operasional. Pada kasus bangunan, tantangannya berkaitan pada kompleksitas beribu-ribu komponen-komponennya yang saling mempengaruhi, dengan perilaku fisik masing-masing dan kaitan-kaitannya antara komponen lain. Kejamaan interaksi ini merupakan tantangan utama proses modeling dan komputasi disebabkan karena ruang lingkungannya yang luas. Kemampuannya untuk menganalisa dalam skala dan interaksi berbagai macam komponen yang kompleks telah membuat bidang simulasi bangunan diakui peranannya sebagai alat prediksi, penaksir, dan verifikasi perilaku bangunan.

Tujuan dari proses simulasi adalah memberikan output berupa pernyataan-pernyataan yang dapat diteliti untuk keperluan analisis dan memilah hitungan-hitungan yang sesuai sebagai indikator performansi. Bagi arsitek, simulasi diakui mampu mempercepat proses desain, meningkatkan efisiensi, dan dapat memberikan perbandingan akan variasi-variasi desain. Simulasi memberikan pemahaman yang lebih baik akan konsekuensi keputusan desain, sehingga mampu meningkatkan efektifitas proses desain teknis secara keseluruhan. (Ali Malkawi and Godfried Augenbroe, 2004, *Advanced Building Simulation*, Spon Press New York and London)

3. METODOLOGI

Metoda pengumpulan data dengan cara visual survey dan observasi lapangan untuk mendapatkan data kualitatif. Kemudian temuan yang didapat disimulasikan dalam program komputer untuk mendapatkan data kuantitatif sehingga mendukung data kualitatif. Instrumen yang dipergunakan adalah alat tulis dan kertas, kamera, peta dan denah kawasan, serta software komputer *Ecotect v5.5* untuk keperluan analisis dan simulasi.

Parameter permasalahan yang akan diteliti adalah kesehatan lingkungan perumnas berdasarkan kecukupan akan kualitas cahaya matahari dan aliran udaranya. Kategori sehat yang ditentukan adalah mendapatkan cahaya matahari pagi yang cukup antara pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 09.00 WIB (daylighting factor > 5000 lux), dan adanya pergantian udara yang konstan (wind flow rate > 0.30 m/s).



Gambar 9. Skema Penelitian Kualitas Lingkungan di Perumnas Condongcatur

4. FORMULASI PERMASALAHAN

Konfigurasi massa dan ruang kawasan berpola grid dengan dimensi dan orientasi yang beragam, sehingga menciptakan physical attributes kawasan mikro yang beragam pula. Secara spesifik, keberanekaragaman tersebut menimbulkan tingkat kenyamanan yang berimbas pada tingkat kesehatan yang berbeda beda dalam kawasan.



Gambar 10. Pola Pikir Perumusan Masalah

Berdasarkan pola pikir diatas, muncul rumusan masalah bagaimana meningkatkan tingkat kesehatan penduduk pada Perumnas Condong Catur melalui desain arsitektural. Intensitas cahaya matahari dan pola aliran udara dalam kawasan menjadi pisau untuk membedah permasalahan tersebut.

5. ANALISIS

5.1 Hasil Observasi Lapangan

Jalur sirkulasi yang tersedia untuk kendaraan di daerah condong catur sempit, hanya sekitar 3 meter. Penduduk lokal sangat jarang yang memiliki mobil, sebagian besar hanya berkendara motor dan sepeda bahkan tidak sedikit pula yang berjalan kaki. Hal ini disebabkan karena fasilitas jalan yang tersedia tidak memungkinkan mereka memiliki mobil. Selain itu karena sempitnya jalan, berimbas pada masuknya suara-suara dari jalan secara leluasa ke dalam hunian sehingga menimbulkan kebisingan.

Kualitas pencahayaan dan penghawaan alami dalam kawasan mulai terdegradasi karena pengembangan-pengembangan yang dilakukan secara mandiri oleh penghuni-penghuninya tidak mengindahkan peraturan dan kaidah-kaidah lingkungan yang sehat, seperti peniadaan sempadan dan peninggian lantai bangunan yang berlebihan.



Gambar 11. Ruas Jalan dan Permasalahannya pada Perumnas Condongcatur Yogyakarta

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengolahan observasi kawasan adalah bahwa pertama, letak cluster rumah sehat mayoritas berada pada edge kawasan dimana memiliki ruas jalan lebar sehingga cahaya matahari dapat masuk dan aliran udara leluasa mengalir. Kedua, letak cluster rumah sehat berada disekitar RTH, fasum dan fasos kawasan. Ketiga, letak cluster rumah kurang sehat relatif dekat dengan jalan jalan utama kawasan dan sedikit memiliki akses dengan RTH, fasum, dan fasos kawasan. Keempat, lokasi rumah tidak sehat berada pada kantong2 terdalam dari kelompok2 unit yang tidak memiliki akses dan bukan memadai untuk kebutuhan pencahayaan dan penghawaan alami.

5.2 Analisis Kawasan secara Meso

Untuk mencari tipologi konfigurasi massa yang mendukung penetrasi sinar matahari dan aliran udara ideal dalam kawasan, maka dilakukan breakdown kawasan terpilih dengan mengambil kasus terburuknya. Pertimbangan utama adalah preservasi kavling yang ada dan jumlah penduduk yang tetap, sehingga menghindari adanya penggusuran. Ukuran ideal ditetapkan bahwa sinar matahari pagi harus terbagi merata antara jam 7.00 s/d 9.00. Dan pergantian udara selalu terjadi tiap clusternya.

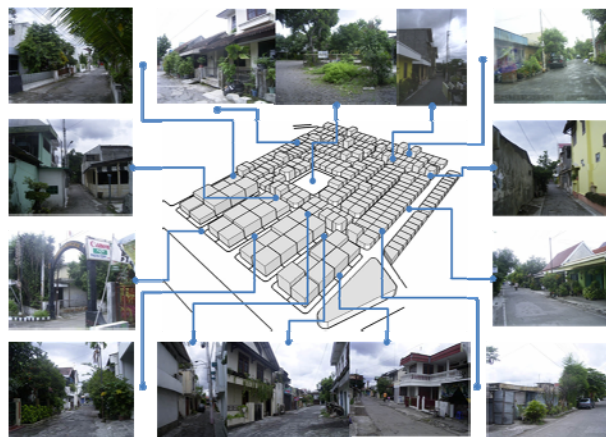


Gambar 12. Fokus Analisa Kawasan pada Perumnas Condongcatur Yogyakarta

Fokus analisa yang diambil adalah blok perumahan yang telah teridentifikasi memiliki kompleksitas pencahayaan dan penghawaan alami terekstrim, yaitu blok dengan batas selatan ringroad dan batas timur pasar condongcatur. Pada area ini terdapat bervariasi tingkat kelayakan lingkungan. Mulai dari blok terbaik yaitu blok terdepan yang berbatasan dengan ringroad sampai dengan blok terburuk yang berada dibelakangnya (utara) karena tingkat kepadatan dan dampak lingkungan yang berbeda.

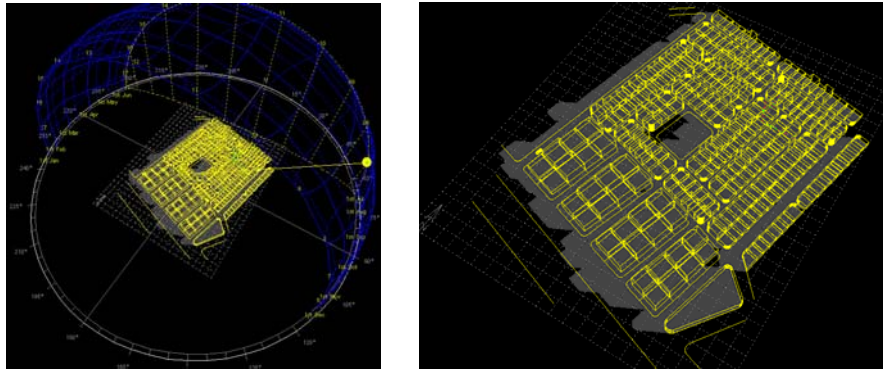
5.3 Simulasi Pembayangan dan Pencahayaan Alami Kawasan dengan Ecotect v5.5

Untuk mengetahui seberapa besar kualitas pencahayaan alami yang jatuh pada blok terpilih secara kawasan, maka dilakukan simulasi dengan bantuan *software Ecotect v5.5*. Ecotect adalah *software* buatan *Dr. A.J. Marsh* yang memfokuskan diri pada segi *building performance*, meskipun demikian untuk skala kawasan *software* ini juga memiliki *tools-tools* yang mampu mengukur kualitas fisika bangunannya termasuk kualitas pencahayaan kawasan. Setelah dilakukan survey lapangan untuk mengetahui bentuk dan ketinggian unit-unit bangunan dalam kawasan, dibuatlah model kawasan yang mampu mewakili keadaan nyatanya. Variabel permodelan yang dilakukan dipilih dengan pertimbangan signifikansinya akan kualitas pencahayaan alami.



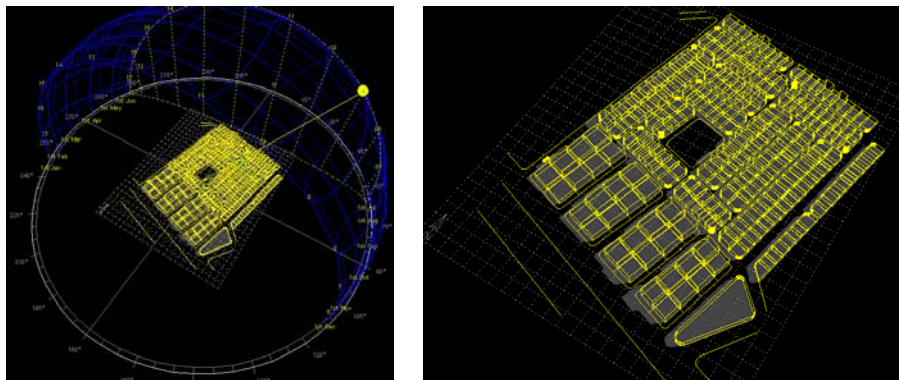
Gambar 13. Model Perumnas Condongcatur Yogyakarta

Perlu diidentifikasi pola pembayangan yang terjadi dalam kawasan, mengingat parameter sebelumnya yang ditetapkan adalah intensitas cahaya matahari pagi antara pukul 07.00-09.00. Pertimbangan yang dipakai adalah bahwa pada rentang waktu demikian, cahaya matahari mampu memberikan kualitas kesehatan yang maksimal tanpa membebani suhu udara. Di bawah ini adalah pola pembayangan yang terjadi pada saat matahari terbit dengan asumsi pukul 07.00 WIB.



Gambar 14. Analisa Pembayangan Pukul 07.00 pada Perumnas Condongcatur

Melalui simulasi diatas terlihat sebagian besar unit rumah masih terbayangi oleh lingkungannya pada pukul 07.00 WIB. Mengindikasikan bahwa cahaya matahari pukul 07.00 WIB belum mencapai sebagian besar unit dalam kawasan kecuali unit-unit di sebelah barat pasar dan unit-unit di sebelah barat lapangan terbuka. Peristiwa ini terjadi oleh karena kerapatan blok bangunan yang tinggi dan ketinggian bangunan di beberapa spot yang tidak seragam.

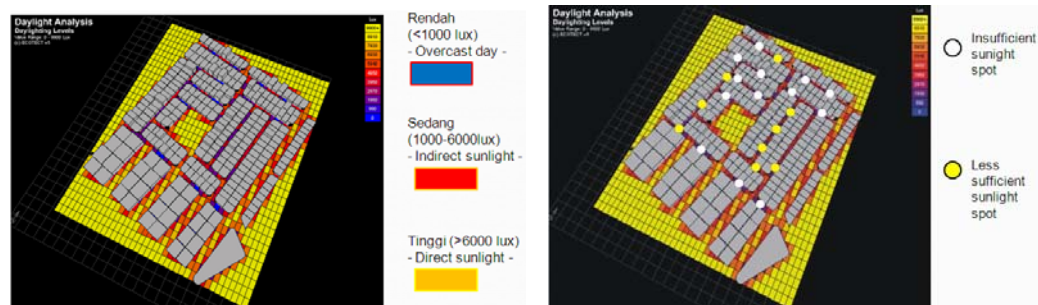


Gambar 15. Analisa Pembayangan Pukul 09.00 pada Perumnas Condongcatur

Sedangkan pada pukul 09.00 WIB, mulai terlihat perbedaan antara lokasi yang strategis dan yang tidak dalam hal penerimaan cahaya alaminya. Pada waktu ini semestinya seluruh unit sudah mendapatkan sinar matahari langsung tanpa terhalang oleh lingkungannya. Terlihat bahwa blok terluar di sebelah selatan telah lama tercukupi kebutuhannya, akan tetapi blok padat di bagian tengah dan utara masih juga terbayangi oleh lingkungannya. Hal ini mengindikasikan bahwa memang penetrasi cahaya matahari langsung yang sehat masih kurang terjadi dalam kawasan terpilih.

Untuk lebih menjelaskan bagaimana besar intensitas cahaya matahari yang jatuh pada tiap-tiap spot kawasan, perlu dilakukan analisa rerata iluminan daylight tiap tahun yang jatuh

pada kawasan. *Software Ecotect v5.5* telah menyediakan fasilitas ini dengan hasil seperti ilustrasi di bawah.



Gambar 16. Analisa Daylight Illuminance pada Perumnas Condongcatur

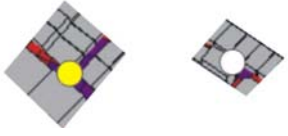
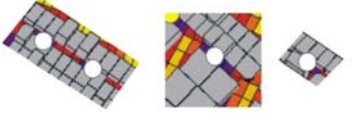
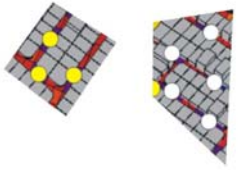
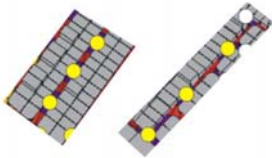
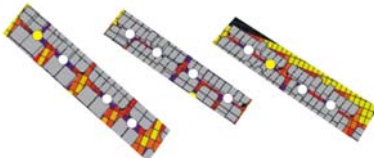
Ilustrasi diatas menggambarkan lokasi-lokasi dalam kawasan berdasarkan intensitas iluminasi cahaya matahari yang diterima. Pola berwarna biru merupakan pola dengan intensitas cahaya matahari yang rendah. Hal ini terjadi karena buruknya kualitas lingkungan, baik karena kerapatan yang terlalu tinggi atau penutupan akses matahari oleh bangunan sekitarnya. Pola berwarna merah mengindikasikan intensitas cahaya matahari yang sedang, terjadi karena variasi pembayangan lingkungan yang tidak konstan oleh perbedaan jalur matahari. Sedangkan pola berwarna kuning memperlihatkan intensitas cahaya matahari maksimal.

5.4 Taksonomi Spot Kawasan dengan Intensitas Pencahayaan Alami Rendah

Untuk memperjelas kasus pada daerah berintensitas cahaya matahari rendah, maka dilakukan klasifikasi jenis pemetaan atau taksonomi kejadian dengan perkiraan sebab yang mengakibatkan timbulnya fenomena tersebut.

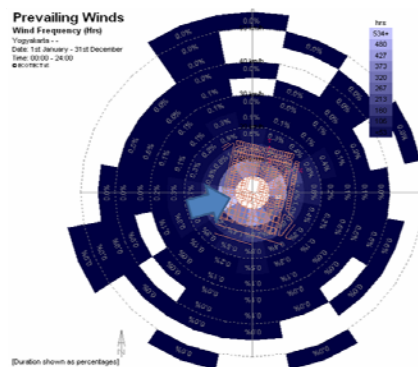
Tabel 1: Taksonomi Kasus Pencahayaan Alami

No.	Jenis Takson	Keterangan
1		<i>Posisi di tepi jalan.</i> Mengandakan bukaan hanya dari lebar jalan.
2		<i>Posisi di dekat tikungan.</i> Terdapatnya gang-gang sempit yang dikombinasi dengan bangunan bertingkat menyebabkan timbulnya masalah cahaya.
3		<i>Posisi berseberangan.</i> Menunjukkan permasalahan yang sama meskipun terpisah oleh persimpangan.

4		<i>Posisi berada di persimpangan. Kerumunan bangunan bertingkat dan gang yang sempit menjadi aktor utama minimnya cahaya alami.</i>
5		<i>Posisi dekat bangunan bertingkat. Memiliki pengaruh menghalangi cahaya .</i>
6		<i>Membentuk kurva tertutup jika dihubungkan dengan garis. Mencerminkan daerah yang sebaran gelapnya luas.</i>
7		<i>Pola linear sepanjang ruas jalan utara-selatan. Dominan tipe spot adalah berintensitas sedang, menunjukkan masih ada sedikit cahaya masuk.</i>
8		<i>Pola linear sepanjang ruas jalan timur – barat. Dominan pencahayaan alami sangat rendah, cahaya sukar mencapai spot-spot ini.</i>

5.5 Simulasi Penghawaan Alami Kawasan

Saat akan memulai proses simulasi aliran udara kawasan perlu diperhatikan skala makronya terlebih dahulu, dalam hal ini arah angin dominan yang paling sering terjadi pada lokasi terpilih Yogyakarta. Data cuaca diperoleh dari data Pusat Studi Energi UAJY dengan bantuan *software Meteonorm* memperlihatkan pola *prevailing winds* di Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya sebagai berikut.

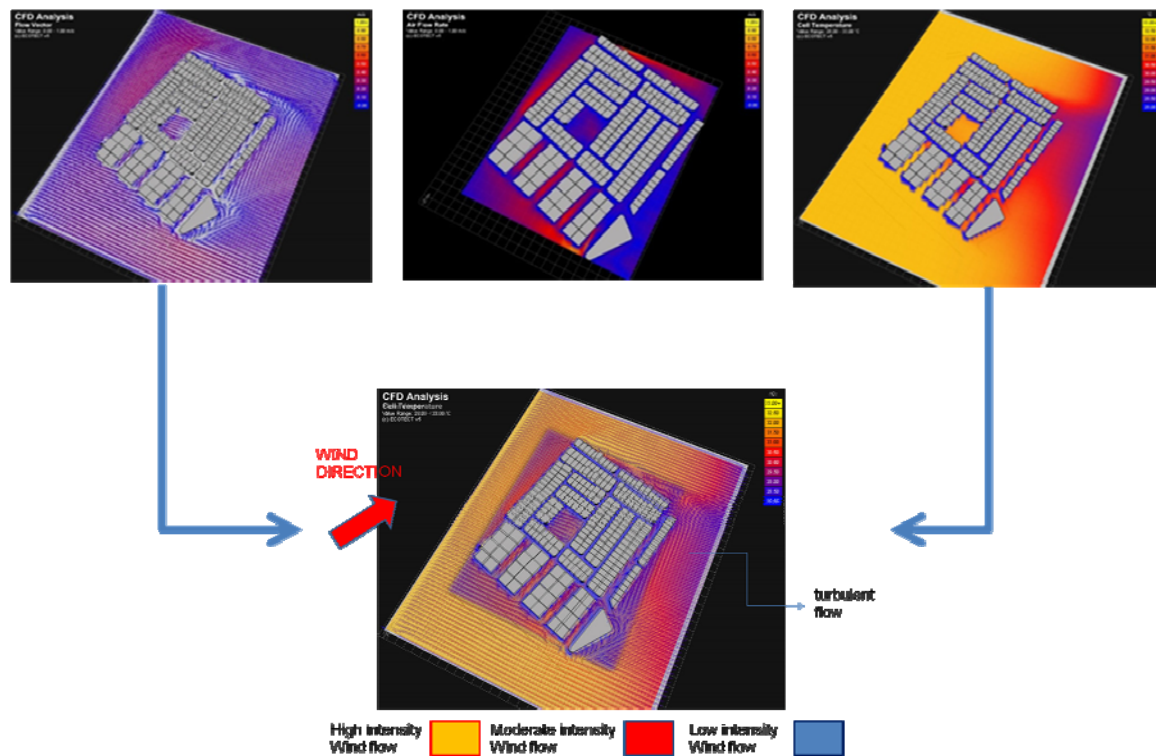


Gambar 17. Data Angin di Yogyakarta

Berdasarkan data cuaca angin diatas, maka arah angin yang akan disimulasikan berasal dari arah barat daya mendekati arah barat (252^0 dari arah utara).

Setelah ditentukan posisi inlet dan outlet angin pada kawasan diatas, kemudian dilakukan simulasi angin pada *software Ecotect v5.5* yang bekerjasama dengan *software Computational Fluid Dynamics* sederhana milik *WinAir 4*. Kecepatan awal yang dimasukkan dalam perhitungan adalah 5 m/s, sesuai dengan rekaman data cuaca yang memberikan nilai kecepatan 5 m/s pada ketinggian 10 meter diatas permukaan tanah. Temperatur angin yang dimasukkan bernilai 27^0 C, sesuai dengan temperatur rerata per tahun Daerah Istimewa Yogyakarta.

Simulasi dilakukan tiga kali dengan sasaran untuk mengetahui vector angin, air flow rate dan temperature sel pada domain. Setelah masing-masing sasaran tercapai, maka ketiga hasil tersebut kemudian di-*superimpose*-kan menjadi satu image yang memperlihatkan kontur tingkat intensitas penghawaan dalam kawasan. Secara garis besar intensitas penghawaan dibagi menjadi tiga kelompok, kontur yang berwarna biru mengindikasikan daerah berpenghawaan buruk, kontur berwarna merah memperlihatkan daerah berpenghawaan cukup, dan kontur berwarna kuning adalah wilayah berpenghawaan baik.

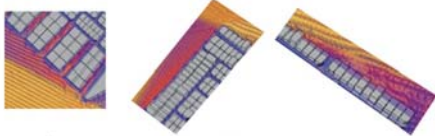
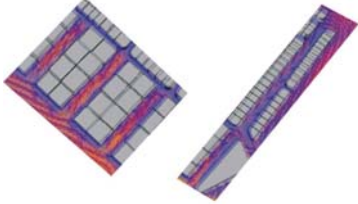
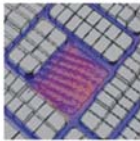
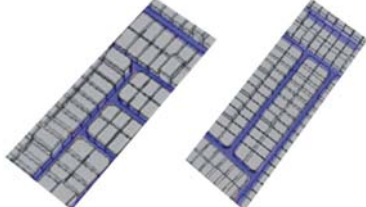


Gambar 18. Hasil Simulasi Penghawaan Alami dan Hasil Superimpose Layer-layer Awal.

5.6 Identifikasi Spot Kawasan dengan Intensitas Penghawaan Alami Rendah

Untuk memperjelas kasus pada daerah berintensitas aliran udara rendah, maka dilakukan klasifikasi jenis pemetaan atau taksonomi kejadian dengan perkiraan sebab yang mengakibatkan timbulnya fenomena tersebut.

Tabel 2: Taksonomi Kasus Penghawaan Alami

No	Takson	Keterangan
1		<i>Posisi di tepian kawasan.</i> Memiliki akses langsung dari udara luar kawasan. Tingkat pergantian penghawaan tinggi – cukup.
2		<i>Posisi pada ruas jalan relatif lebar (>5m).</i> Memiliki tingkat pergantian penghawaan cukup.
3		<i>Posisi disekitar ruang terbuka.</i> Tingkat pergantian penghawaan cukup.
4		<i>Posisi pada bagian dalam kawasan,</i> Akses angin terbatas, tingkat pergantian penghawaan rendah.

5.7 Kesimpulan Hasil Taksonomi Pencahayaan dan Penghawaan Alami Kawasan

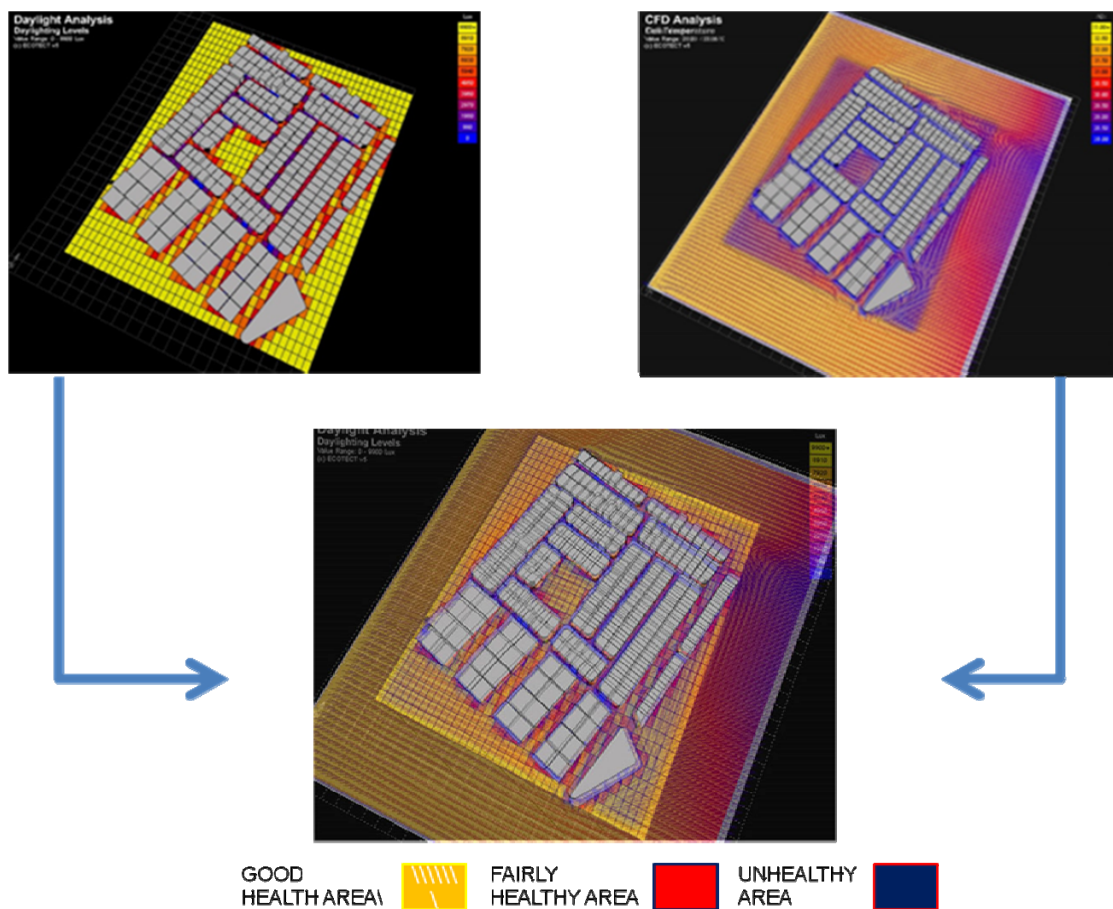
Setelah diidentifikasi seluruh kemungkinan takson dari kasus-kasus terburuk diatas, baik dari segi pencahayaan dan penghawaannya, maka dapat disimpulkan bahwa elemen-elemen desain arsitektural yang menimbulkan berkurangnya tingkat kesehatan hunian adalah:

- Akses dan sirkulasi. Fakta bahwa daerah berakses mudah dan bersirkulasi baik pasti memiliki kualitas pencahayaan dan penghawaan baik, sedangkan daerah berakses rumit dan sirkulasinya sempit cenderung memiliki masalah pencahayaan dan penghawaan alami.
- Orientasi. Arah hadap dan orientasi blok-blok kawasan memberikan pengaruh terhadap kualitas yang diteliti. Seperti contoh, unit menghadap barat cenderung kekurangan sinar matahari pagi.
- Dimensi. Adalah pemanfaatan persil unit tiap bangunan. Unit-unit yang dikembangkan tanpa memperhatikan ruang terbuka dan sempadan bangunan cenderung buruk kualitas kesehatannya.
- Vegetasi. Keberadaan vegetasi dapat mempengaruhi pola angin dan pembayangan sinar matahari yang kemudian memberikan kontribusi perbaikan kualitas lingkungan.
- Shading. Berperan untuk mengatur intensitas sinar matahari yang jatuh dan sesekali memperbaiki pola angin yang terjadi dalam kawasan.
- Lingkungan sekitar. Tampak bahwa zona berlingkungan padat dan tinggi cenderung buruk kualitasnya, sedangkan zona pada lingkungan terbuka dan teratur lebih tinggi kualitasnya.

- g. Area terbuka. Memegang peranan penting untuk mendistribusikan kualitas pencahayaan dan penghawaan alami pada lingkungan sekitarnya. Berlaku mirip seperti sumur cahaya dan udara.

5.8 Gabungan Identifikasi Pencahayaan dan Penghawaan Alami Kawasan

Untuk memperjelas kaitan pencahayaan dan penghawaan alami dalam mempengaruhi kualitas kesehatan dalam kawasan Perumnas Condongcatur Yogyakarta, teknik *superimpose* dilakukan lagi untuk kedua kalinya. Masing-masing hasil simulasi pencahayaan dan penghawaan alami digabungkan sehingga dihasilkan gabungan kontur cahaya dan udara yang memperlihatkan pola yang lebih jelas dalam kaitannya dengan tingkat kesehatan hunian secara umum.



Gambar 19. Hasil Superimpose Layer Pencahayaan dan Penghawaan Alami.

6. KESIMPULAN

Hasil akhir proses *superimpose* diatas semakin memperkuat hipotesis awal yang disimpulkan dari klasifikasi takson yang telah dilakukan. Secara spesifik, penelitian ini menyatakan bahwa pada konteks Perumnas Condongcatur Yogyakarta:

- Letak cluster rumah sehat mayoritas berada pada *edge* kawasan, dimana memiliki ruas jalan lebar sehingga cahaya matahari dapat masuk dan aliran udara leluasa mengalir .

- Letak cluster rumah sehat berada disekitar *RTH, fasum dan fasos kawasan*.
- Letak cluster rumah kurang sehat relatif dekat dengan jalan-jalan utama kawasan dan *sedikit memiliki akses* dengan RTH, fasum, dan fasos kawasan.
- Lokasi rumah tidak sehat berada pada *kantong2 terdalam* dari kelompok2 unit yang tidak memiliki akses dan bukaan memadai untuk kebutuhan pencahayaan dan penghawaan alami.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. A.I.A. Research Corp., 1978. *Energy Inform Designing for Energy Conservation*, U.S. Department of Energy.
2. Ali Malkawi and Godfried Augenbroe, 2004, *Advanced Building Simulation*, Spon Press New York and London.
3. Kellet P., Toro A, & Haramoto E. 1993. *Dweller – Initiated Changes and Transformations of Social Housing: Theory and Practice in The Chilean Context*. Open House International. Vol. 18 No. 4, pp. 3-10.
4. Mark Karlen and James R. Benya, 2004, *Lighting Design Basics*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
5. Norbert Lechner, 2001, *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur Edisi Kedua*, John Wiley & Sons Inc, PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.
6. Peter F. Smith, 2001, *Architecture in a Climate of Change: A guide to sustainable design*, Architectural Press, Oxford.
7. Satwiko, P., 2009, *Fisika Bangunan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
8. Tipple, A.G. 2000. *Extending Themselves: User Initiated Transformations of Government-Built Housing in Developing Countries*. Liverpool: Liverpool Univ. Press.
9. Terry S.Boutet, 1987, *Controlling Air Movement*, McGraw-Hill Book Company.
10. Unified Facilities Criteria (UFC) 3-440-06N, 16 January 2004. *Cooling Buildings by Natural Ventilation*, Department of Defense, USA

SIMULASI PENCAHAYAAN BUATAN PADA RUANG KELAS

Pengaruh Angka Reflektansi Warna Elemen Permukaan Interior Terhadap Kuat Penerangan

Adeli Rahaman Riandito

Mahasiswa Magister Teknik Arsitektur

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

E-mail: adel_archi_tech@yahoo.com

ABSTRACT

In designing a room with artificial lighting, use of color on interior surfaces of walls, ceiling and floor of the room need to be considered properly. Each color on the interior surface element has a percentage value that shows how much these elements can reflect light from the lamp, which is called color reflectance values. The color reflectance values of walls, ceilings and floors are very strong influence on the average illumination in a room.

The simulation was done using ECOTECT, to know how much the influence of each element colors of the space like a wall, ceiling and floor to reflect the light towards the average illumination. With the color reflectance values of each space elements that can be set at a certain range, the software ECOTECT can simulate and calculate the reflection of light accurately with help of an additional plug-in called Desktop Radiance.

From the simulation results on two examples size of room, it can be concluded that the color of the wall surface is the most influential factor on the reflection of light in a room. The second factor is the ceiling, and floor is the element which has the smallest influence. Based on these results, this study may be a reference for choosing the right colors of each interior surface element, which will also be an effect on energy savings based on the lamp used.

Keyword: *reflectance value, average illumination.*

1. PENDAHULUAN

Ruang kelas secara umum harus memenuhi standar pencahayaan yang optimal untuk mendukung kegiatan-kegiatan yang ada di dalamnya, seperti membaca dan menulis di buku atau papan tulis. Standar tingkat pencahayaan (lux) yang baik pada ruang kelas adalah 250 lux (SNI 03-6197-2000). Untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang baik dan mencapai standar tersebut, salah satu hal yang berpengaruh adalah angka reflektansi warna pada setiap elemen permukaan interior ruang seperti warna dinding, lantai dan langit-langit. Angka reflektansi ini mempengaruhi kuat penerangan pada ruangan, yang tergantung dari pemilihan warna cat atau warna bahan yang digunakan.

Peneliti perlu untuk meneliti hal tersebut lebih jauh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat penerangan yang dihasilkan berdasarkan angka reflektansi warna pada masing-masing elemen permukaan interior ruang yaitu dinding, lantai dan langit-langit, serta mengetahui elemen mana yang paling berpengaruh pada contoh ruang kelas. Jenis pencahayaan yang digunakan dalam penelitian adalah pencahayaan buatan dan tidak memperhitungkan pencahayaan alami. Penelitian dilakukan melalui uji coba pada dua buah model ruang kelas sederhana dengan tingkat reflektansi yang rendah, sedang dan tinggi pada masing-masing elemen permukaan interior ruang.

2. LANDASAN TEORI

Iluminan dan Iluminasi (*Illuminance and Illumination*)

Berdasarkan Satwiko (2004), iluminan adalah banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang yang dinyatakan dalam lux atau lumen per meter persegi. Sedangkan iluminasi adalah datangnya cahaya ke suatu objek. Mengacu pada pengertian tersebut, kuat pencahayaan sebuah ruang dipengaruhi oleh besarnya kekuatan sebuah sumber cahaya dibandingkan dengan luas permukaan.

Kuat Penerangan yang Merata (*Uniformity of Illumination*)

Pencahayaan yang sepenuhnya merata memang tidak mungkin dalam praktik, tetapi standar yang dapat diterima adalah *kuat penerangan minimum serendah-rendahnya 80% dari kuat penerangan rata-rata ruang*. Artinya, misalkan kuat penerangan rata-ratanya 100 lux, maka kuat penerangan dari semua titik ukur harus ≥ 80 lux. (Kristanto, 2004).

Tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama. Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit (SNI 03-6575-2001).

Kuat Penerangan Rata-rata (*Average Illumination*)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata dinyatakan dalam lux (SNI 03-6575-2001).

Refleksi dan Reflektansi (*Reflection and Reflectance*)

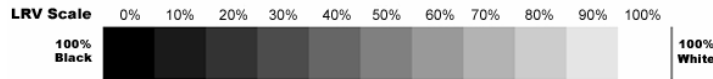
Besarnya pencahayaan dalam ruangan tidak hanya ditentukan oleh pencahayaan langsung dari lampu tanpa atau dengan armatur, tetapi juga dipengaruhi oleh refleksi atau pantulan cahaya dari berbagai permukaan yang ada pada ruangan tersebut. Besaran pantulan cahaya dinyatakan dalam prosentase. Adapun besaran refleksi cahaya dari permukaan dapat dilihat pada tabel berikut (Frick et al, 2008):

Tabel 1. Permukaan refleksi dan besaran refleksi cahaya

	Permukaan Refleksi	Reflektansi	Min-Max
1	Langit-langit	70	60-90
2	Dinding	50	30-80
3	Bidang Kerja	60	20-60
4	Lantai	30	10-50

Irianto (2006) menyebutkan, Refleksi cahaya terjadi karena adanya bidang yang memantulkan cahaya masuk ke bidang tersebut, faktor refleksi yang terjadi sangat berpengaruh terhadap pemberian warna bidang tersebut. Pada ruangan pendidikan, refleksi cahaya terjadi pada dinding, langit-langit, lantai dan papan tulis. Satwiko (2004) menambahkan, dinding yang berjendela harus mempunyai reflektan $>80\%$ untuk mengurangi kontras antara kaca yang cerah dengan sekitarnya.

Angka reflektansi cahaya atau biasa disebut LRV (*Light Reflectance Value*) merupakan jumlah total dari cahaya terlihat (*visible light*) yang dipantulkan oleh sebuah permukaan di segala arah dan di semua panjang gelombang ketika diterangi oleh sebuah sumber cahaya. LRV memiliki skala 0% sampai 100%. Nol diasumsikan hitam mutlak, dan 100% diasumsikan putih yang reflektif secara sempurna. Hitam mutlak atau putih sempurna tidak ada dalam istilah sehari-hari, rata-rata warna paling hitam memiliki LRV sekitar 5% dan warna paling putih sekitar 85% (www.squidoo.com).



Gambar 1. Skala LRV (www.squidoo.com)

Studi yang Pernah Dilakukan

Penelitian yang sudah pernah dilakukan antara lain oleh Kristanto (2004) dengan mengambil studi kasus Ruang Kelas Unika Widya Mandala Surabaya. Penelitian tersebut meneliti tentang angka reflektansi warna dinding dan hubungannya dengan kuat penerangan pada satu ruang kelas yang mewakili tiga sampel tipe ruang kelas. Ruang kelas tersebut dirasa kurang memenuhi standar pencahayaan.

Penelitian tersebut dilakukan untuk memberikan rekomendasi agar ruang kelas yang diteliti memiliki kondisi pencahayaan yang baik sesuai standar yaitu 250 lux, dengan cara meningkatkan angka reflektansi warna pada dinding kelas yang sebelumnya berwarna *terracotta* dengan menambahkan unsur warna putih yang dapat merefleksikan cahaya lebih baik.

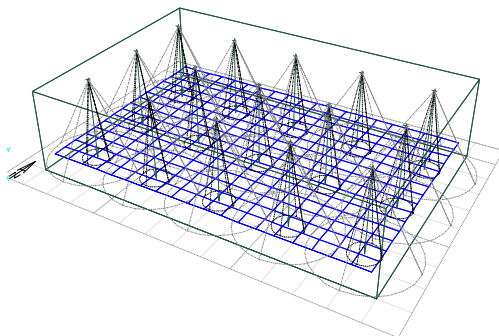
3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui simulasi sederhana menggunakan perangkat lunak *Ecotect Analysis 2010*, yaitu perangkat lunak *Ecotect* versi terbaru yang dikeluarkan oleh Autodesk. Dengan menggunakan versi terbaru dari perangkat lunak *Ecotect*, diharapkan mendapatkan hasil yang lebih akurat. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat lagi, digunakan *plugin* tambahan yaitu *Desktop Radiance 2.0b*, yaitu perangkat lunak versi terakhir yang dikeluarkan oleh U.S. Department of Energy.

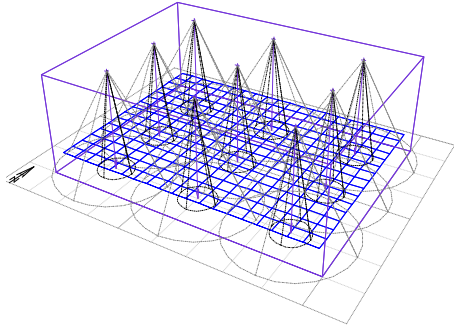
Proses Uji Coba

a. Membuat model berupa dua contoh ruang kelas berbentuk segiempat. Peneliti membuat dua model ukuran kelas yang berbeda untuk mengetahui perbedaan dan gejala yang terjadi pada kedua model tersebut. Model ruang kelas yang pertama berukuran 12x8 meter persegi (diasumsikan ruang kelas ukuran besar) dan model kedua berukuran 8x6 meter persegi (diasumsikan ruang kelas berukuran sedang).

b. Menambahkan pencahayaan pada masing-masing model menggunakan pencahayaan buatan (artificial light). Lampu yang digunakan adalah *simple light* tanpa merubah intensitas apapun. Pada model ruang kelas yang pertama diberi 15 buah lampu, dan model kedua diberi 9 lampu. Penentuan jumlah lampu ini didasarkan untuk mencapai pencahayaan yang merata dan mencapai standar pencahayaan dengan kondisi refleksi yang tinggi pada elemen permukaan interior ruang masing-masing model.



Gambar 2. Model Ruang Pertama



Gambar 3. Model Ruang Kedua

c. Membuat tabel yang berisi daftar simulasi yang akan dilakukan pada masing-masing model; meliputi elemen-elemen permukaan interior ruang yaitu dinding, lantai dan langit-langit; tingkat reflektansi; dan hasil pengukuran berupa nilai rata-rata pencahayaan (*average value*). Untuk tingkat reflektansi yang digunakan ada tiga jenis, yaitu tinggi (dengan nilai reflektan 0,804), sedang (nilai reflektan 0,404), dan rendah (nilai reflektan 0,102).

d. Melakukan perhitungan pencahayaan (*lighting level calculation*) menggunakan *Radiance* dengan metode *Export to Radiance*, dengan pilihan *high* pada *lighting variability*. Perhitungan ini dilakukan secara berulang kali sesuai jumlah simulasi yang harus dilakukan dalam tabel, dengan mengganti nilai reflektansi pada masing-masing elemen permukaan interior ruang.

e. Memasukkan tiap hasil simulasi berupa *average value* (satuan dalam lux) ke dalam tabel.

4. HASIL SIMULASI

Pada awal uji coba, dilakukan percobaan tanpa menggunakan *plugin* tambahan yaitu *Radiance*. Dengan menggunakan fitur standar yang terintegrasi pada *Ecotect Analysis 2010*, peneliti tidak mendapatkan perubahan hasil setelah mengganti variabel simulasi yaitu angka reflektansi. Perubahan hasil yang signifikan didapatkan setelah menggunakan *Radiance*. Perhitungan pada *Radiance* lebih akurat dibandingkan fitur yang ada pada *Ecotect* sendiri, namun ketika melakukan uji coba pada kasus yang sama, misalkan pada uji coba nomor 1, apabila dilakukan uji coba lebih dari satu kali, mendapatkan hasil yang tidak sama. Pada tabel ini diambil hasil uji coba yang pertama. Simulasi menghasilkan data nilai rata-rata yang terdiri dari dua tabel menurut jenis model ruang sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Simulasi Model Ruang Pertama

No	Dinding			Lantai			Langit-langit			Rata-rata(Lux)
	T	S	R	T	S	R	T	S	R	
1										307.10
2										237.74
3										193.15
4										227.38
5										178.87
6										191.64
7										163.09
8										167.80
9										151.84
10										207.55
11										157.54
12										143.02
13										164.20
14										138.71
15										145.79
16										132.06
17										133.76
18										127.45
19										158.51
20										134.88
21										120.37
22										134.35
23										119.47
24										124.03
25										116.73
26										117.14
27										114.86

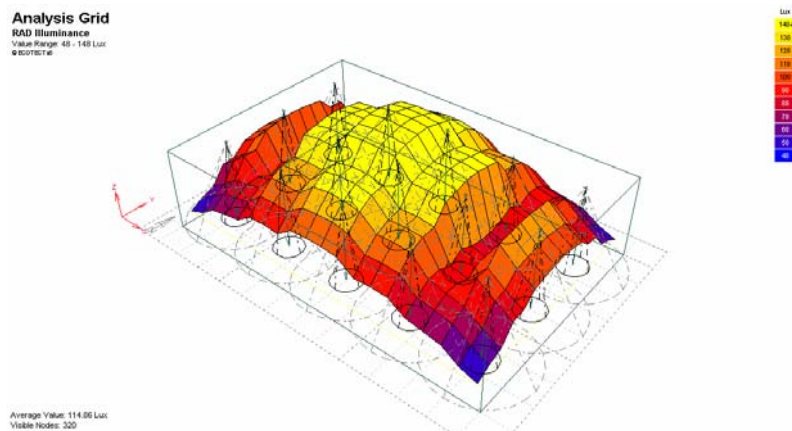
Tabel 3. Hasil Simulasi Model Ruang Kedua

No	Dinding			Lantai			Langit-langit			Rata-rata(Lux)
	T	S	R	T	S	R	T	S	R	
1										328.83
2										248.00
3										199.60
4										232.89
5										180.04
6										191.72
7										160.44
8										167.07
9										147.48
10										179.09
11										147.37
12										128.67
13										143.52
14										123.43
15										128.64
16										117.43
17										119.42
18										113.37
19										123.47
20										109.73
21										101.32
22										109.05
23										100.28
24										102.99
25										98.36
26										98.86
27										97.13

5. PEMBAHASAN

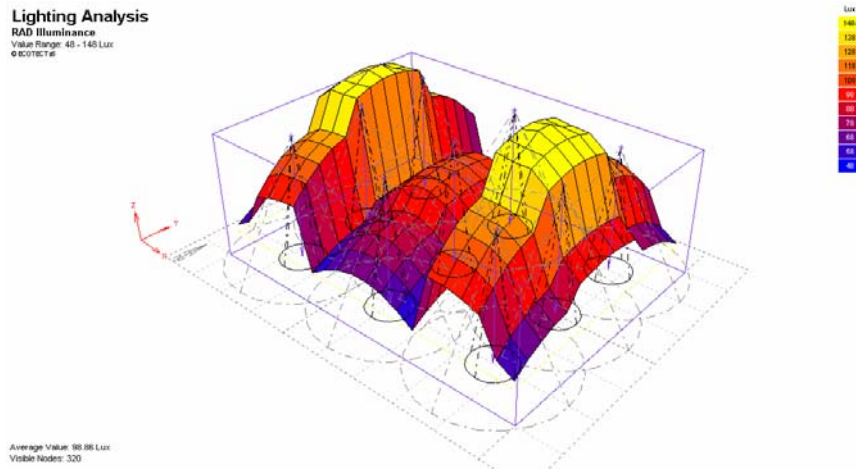
Bentuk Kurva

Dilihat secara umum dari bentuk kurva yang dihasilkan uji coba dengan *Radiance* pada kedua model ruang kelas ini, memiliki bentuk kurva yang berbeda. Pada model ruang kelas pertama, titik-titik yang memiliki nilai lux paling tinggi berada di tengah ruangan.



Gambar 4. Bentuk Kurva pada Model Pertama

Sedangkan pada model ruang yang kedua, titik-titik yang memiliki nilai lux justru berada di tepi ruangan pada sisi yang lebih pendek. Peneliti menyimpulkan bahwa hal tersebut dipengaruhi oleh ukuran ruangan, letak dan jumlah titik lampu yang digunakan, serta perhitungan yang dilakukan *Radiance* sendiri.



Gambar 5. Bentuk Kurva pada Model Kedua

Penurunan Nilai Rata-rata Iluminasi

a. Model Ruang Pertama

Model ruang kelas yang pertama memiliki ukuran 12x8 m². Pembahasan dilakukan berdasarkan penurunan nilai rata-rata iluminasi yang disebabkan penurunan angka reflektansi tiap-tiap elemen permukaan interior ruang. Sebagai patokan penurunan angka reflektansi dari tinggi ke sedang dan tinggi ke rendah, uji coba nomor 1 yang digunakan, dimana keadaan angka reflektansi yang tinggi pada semua elemen. Sedangkan sebagai patokan untuk yang sedang ke rendah, digunakan nilai rata-rata hasil uji coba pada nomor 15, dimana semua elemen menggunakan angka reflektansi sedang.

Pada penurunan angka reflektansi dari tinggi ke sedang, elemen dinding mengalami penurunan nilai rata-rata iluminasi kurang lebih 100 lux (dari angka 307 ke 207), untuk lantai 70 lux, dan untuk langit-langit sebesar 80 lux. Pada penurunan angka reflektansi dari tinggi ke rendah, elemen dinding mengalami penurunan sebesar 150 lux, untuk lantai 110 lux, dan untuk langit-langit sebesar 130 lux. Perhitungan terakhir pada model pertama yaitu pada penurunan angka reflektansi dari sedang ke rendah, elemen dinding mengalami penurunan sebesar 21 lux, elemen lantai sebesar 12 lux, dan untuk elemen langit-langit sebesar 13 lux.

b. Model Ruang Kedua

Penurunan yang terjadi pada model ruang kelas kedua dengan ukuran 8x6 m², pada angka reflektansi dari tinggi ke sedang, elemen dinding mengalami penurunan nilai rata-rata iluminasi kurang lebih 150 lux, untuk lantai 80 lux, dan untuk langit-langit sebesar 95 lux. Pada penurunan angka reflektansi dari tinggi ke rendah, elemen dinding mengalami penurunan sebesar 205 lux, untuk lantai 130 lux, dan untuk langit-langit sebesar 150 lux. Dan yang terakhir untuk penurunan angka reflektansi dari sedang ke rendah, pada dinding mengalami penurunan sebesar 26 lux, pada lantai sebesar 9 lux, dan pada langit-langit 11 lux.

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat kita ketahui bahwa penurunan nilai rata-rata iluminasi terbesar terjadi pada elemen dinding, baik dari penurunan angka reflektansi dari

tinggi ke sedang, dari tinggi ke rendah maupun sedang ke rendah. Ini berlaku secara linier baik pada model ruang kelas pertama maupun ruang kelas kedua. Penurunan terbesar kedua setelah dinding yaitu pada elemen langit-langit, dan yang terakhir adalah lantai.

Dari penurunan nilai rata-rata iluminasi tersebut, juga dapat terlihat bahwa pada penurunan angka reflektansi dari tinggi ke sedang dibandingkan sedang ke rendah, angka yang didapat makin kecil. Ini dapat diartikan bahwa semakin kecil angka reflektansi, penurunan nilai rata-rata iluminasi juga semakin menurun.

6. KESIMPULAN

Penurunan nilai rata-rata iluminasi terbesar terjadi pada elemen dinding pada uji coba ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa elemen dinding yang paling berpengaruh terhadap refleksi iluminasi pada sebuah ruang kelas dilihat dari nilai rata-rata iluminasinya. Penulis menyarankan agar elemen dinding menjadi perhatian utama untuk menghasilkan angka reflektansi yang baik melalui pemilihan warna yang sesuai. Setelah elemen dinding, elemen yang berpengaruh secara berturut-turut yaitu langit-langit kemudian lantai.

Ukuran ruang dalam contoh kasus ini tidak berpengaruh, terbukti pada penurunan nilai rata-rata iluminasi yang linier pada kedua ruangan. Ukuran ruang kelas hanya berpengaruh pada letak titik-titik iluminasi tertinggi. Ruangan yang besar cenderung paling terang di tengah, dan ruangan ukuran sedang cenderung terang di bagian tepi ruang sisi yang pendek.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Frick, H. et al., 2008, *Ilmu Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Irianto, G.C., 2006, "Jurnal Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang Kuliah dengan Memanfaatkan Cahaya Alam", JETri, Vol. 5, No 2.
- Kristanto, L., 2004, "Jurnal Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya dengan Angka Reflektansi Warna Dinding Studi Kasus Ruang Kelas Unika Widya Mandala Surabaya", Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 32, No. 1.
- Satwiko, P., 2004, *Fisika Bangunan 1*, Edisi 1, Yogyakarta: Andi Offset.
- Satwiko, P., 2004, *Fisika Bangunan 2*, Edisi 1, Yogyakarta: Andi Offset.
- SNI 03-6197-2000, "Konservasi energi pada sistem pencahayaan".
- SNI 03-6575-2001, "Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung".
- Lori Sawaya., 2005, *LRV-Light Reflectance Value of Paint*, (Online), (<http://www.squidoo.com/LRV>, diakses tanggal: 12 Juni 2010).